Université de Sherbrooke

Évaluation du mode d'assistance ventilatoire NAVA dans le processus de sevrage ventilatoire chez les patients sous ventilation mécanique – Projet pilote

par
Mohamed Ait Si M'hamed
Programmes de sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.) en sciences cliniques

Sherbrooke, Québec, Canada
Avril 2014

Membres du jury d'évaluation

Olivier Lesur, MD, directeur, programmes de sciences cliniques
Jean-Pierre Tetrault, MD, codirecteur, programmes de sciences cliniques
Arnaud Gagneur, MD, évaluateur interne, département de pédiatrie
Colin Lagrenade-Verdant, MD, évaluateur externe, Faculté de médecine, Université de Montréal

© Mohamed Ait Si M'hamed, 2014

RÉSUMÉ

Évaluation du mode d'assistance ventilatoire NAVA dans le processus de sevrage ventilatoire chez les patients sous ventilation mécanique – Projet pilote

Par

Mohamed Ait Si M'hamed
Programmes de sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du diplôme de maitre ès sciences (M.Sc) en sciences cliniques, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

La procédure de sevrage ventilatoire vise à réduire la durée de la ventilation mécanique (VM) et de minimiser les risques de complications. Il est donc important d'identifier les stratégies de sevrage ventilatoire (SV) qui aident le patient à récupérer, dans les plus brefs délais possibles, son autonomie respiratoire et se séparer de la VM. Le mode NAVA présente des avantages potentiels pouvant aider à améliorer la qualité et la vitesse du sevrage. Ce projet est une étude clinique randomisée menée en parallèle de phase pilote qui vérifie si le NAVA pourrait permettre au patient une bonne tolérance au sevrage ventilatoire (TSV) et réduire la durée de sevrage (DSV) en le comparant avec la stratégie classique qui se base sur le mode de ventilation spontanée avec aide inspiratoire (VSAI). Un nombre de 8 patients classés dans la catégorie de «sevrage difficile» sont inclus dans cette étude. Ils sont répartis en deux groupes. Le groupe A est sevré en mode conventionnel VSAI tandis que le groupe B est sevré avec le mode NAVA. Un sevrage ventilatoire réussi et bien toléré fini par séparer le patient de son ventilateur dans les plus brefs délais et avec une récupération soutenue de la respiration spontanée. Les principaux résultats de cette étude affichent une DSV de 2,48 jours chez le groupe sevré en NAVA versus 4,96 jours chez le groupe sevré en VSAI. Cette différence, est statistiquement non significative à cause du petit nombre de sujets inclus. Pour mesurer la TSV, les tendances des paramètres hémodynamiques et oxygénatoires ont été enregistrées. La charge du travail respiratoire a été évaluée en observant les tendances de P0.1 qui est inferieur à 4 cmH_2O chez les patients NAVA, l'indice f/Vt qui a la tendance d'augmenter à la fin de sevrage chez les patients VSAI et l'Eadi qui reste normale chez les patients NAVA. Nous avons conclu que les patients en sevrage difficile pourraient être sevrés avec le mode NAVA. Toutefois, aucune différence statistiquement significative notée lorsque le mode NAVA est comparé avec le mode conventionnel VSAI quant à la durée de sevrage et au degré de la tolérance.

Mots clés : Ventilation mécanique, sevrage ventilatoire, sevrage difficile, Aide inspiratoire, NAVA.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A la mémoire de mon père qui m'a indiqué la bonne voie et qui m’a enseigné le courage.

A celle qui m’a transmis la vie et l’amour, à toi chère maman mon amour et ma reconnaissance.

A ma chère petite famille, ma femme et ma fille pour leur affection, leur patience et leurs encouragements.

A mes chers frères et mes chères sœurs pour leur tendresse et leurs prières.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Épigraphe

" La peur de la vraie mort, c’est la peur de la perte de nos raisons de vivre."
Roger Garaudy

TABLE DES MATIÈRES

Résumé……..……..…….……..……..ii

Table des matieres……..…….……..……v

liste des tableaux …..……..…….……..……...…....vii

liste des figures …….……...……..……...……..…..viii

Liste des abréviations…….....…….....….ix

Introduction…….....……..……1

1. **Introduction générale…….……..…...……...1**
2. **Recension des écrits.……...……...……...……...…2**

2.1. Sevrage ventilatoire…….……...……...……...…….2

2.2. Mode VSAI.…….……..……..…….....5

2.3. Modes d'assistance asservie…… ……....…….…….5

2.4. Mode NAVA…….……..……...…….……7

2.4.1. Fonctionnement du NAVA……...……...……..……...7

2.4.2. Avantages du mode NAVA…….……..…….8

2.4.3. NAVA et sevrage ventilatoire…..……...……...…….12

2.4.4 Les limites du mode NAVA……...……12

3. **Hypothèse/problématique……...…..13**

Matériel et méthodes…..……...…..……..……...……..……14

1. **Variables……...…....……..14**

1.1. Variables indépendantes……..……...……...….14

1.2. Variables dépendantes……...……..……14

2. **Matériel……..……..……....…….15**
3. **Sujets...…….……...……...……..15**

3.1. Critères d'inclusion…...……...……..……..……17

3.2. Critères d'exclusion…...……..…….17

4. **Procédure clinique……..……..……....……18**

4.1. Recherche du prérequis à la VS…….……..…..20

4.2. Épreuve de VS……..……..…..20

4.3. Inclusion finale……...……...……..……....21

4.4. Randomisation……22
4.5. Groupe contrôle……23
4.6. Groupe interventionnel……24
5. Mesures……25
Résultats……26
1. Statistiques descriptives ……26
2. Installation de cathéter Edi……30
2. Durée de sevrage ventilatoire (DSV)……30
3. Tolérance au sevrage ventilatoire (TSV)……31
3.1. État hémodynamique……32
3.2. État d'oxygénation……33
3.3. Charge du travail respiratoire……34
Discussion……39
Conclusion……46
Remerciements ……47
Liste de références……48
Glossaire……54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Signes et indices du succès et d'échec de l'épreuve de ventilation.……..…...21
Tableau 2 Les données des patients des 2 groupes (NAVA et VSAI.…….....……..….25
Tableau 3 Le niveau de sédation en fonction de l'échelle RASS……..…..30
Tableau 4 La moyenne et la médiane de la FC et la TAM chez les patients des deux groupes……..…….…….....32
Tableau 5 la valeur du rapport P/F de départ chez les huit patients. … ……..…...33
Tableau 6 La moyenne et la médiane de la SpO_2 et la PaO_2 chez les patients des deux groupes…….....…….…….28
Tableau 7 Illustration des éléments de tolérance chez les deux groupes……...…...32

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Schéma illustrant le déroulement de l'étude.……..……18

Figure 2 : Patients sous ventilation invasive à l'HSCM.....25

Figure 3 : Les étapes de recrutement de l'échantillon final.....27

Figure 4 La durée de sevrage ventilatoire (DSV) exprimée en heures chez les deux groupes (NAVA et VSAI)…….……..……28

Figure 5 La valeur P0.1 chez les deux groupes durant le sevrage……..…..32

Figure 6 L'index RSBI chez les 2 groupes durant le sevrage……...……...……..33

Figure 7 La valeur Eadi chez chacun des patients des deux groupes. La valeur normale d'Eadi chez l'adulte est de 4 à 20 µV……...……...……34

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AI Aide inspiratoire

ASV *Adaptative support ventilation*

BNP Bio-marqueur peptides natriuretiques type-B

DSV Durée du sevrage ventilatoire

DVM Durée de la VM invasive

DTVM Durée totale de la VM incluant la ventilation non-invasive post extubation

Eadi Activité électrique du diaphragme

FC Fréquence cardiaque

FiO_2 Fraction inspiratoire d'oxygène

FR Fréquence respiratoire

GBM Service de Génie biomédicale

HCO_3^- Le bicarbonate, la base correspondante au CO_2 dissous

HME Nez artificiel pour humidifier les gaz (*Heat and Moisture Exchanger)*

HSCM Hôpital Sacré Cœur de Montréal

MPOC Maladies pulmonaires obstructives chroniques

NAVA Neuro-asservissement de la ventilation assistée (*Neurally adjusted Ventilatory assist)*

P0.1 Pression d'occlusion durant 0.1 sec

$PaCO_2$ Pression partielle en CO_2 dans le sang artériel

PaO_2 Pression partielle en oxygène dans le sang artériel.

PAV+ *Proportional Assist Ventilation plus*

PAVM Pneumopathies acquises sous ventilation mécanique

PEP Pression positive à la fin d'expiration

PEPi Pression positive intrinsèque à la fin d'expiration (Auto-PEP)

RASS *Richmond Agitation-Sedation Scale*

RSBI f/Vt: Index de ventilation rapide et superficielle *(Rapid Shallow Breathing index)*

SI Soins intensifs

SpO_2 Saturation pulsée d'oxygène

SV Sevrage ventilatoire
TA Tension artérielle
TAM Tension artérielle moyenne
TSV Tolérance au sevrage ventilatoire
VA Ventilation assistée
VI Ventilation invasive
VILI *Ventilator-induced lung injury*
VM Ventilation mécanique (ou artificielle)
VNI Ventilation non invasive
VRC Carte d'Enregistrement Ventilatoire (*Ventilatory Record Card*)
VS Ventilation spontanée
VSAI Ventilation spontanée en Aide inspiratoire
Vt Volume courant

INTRODUCTION

1. Introduction générale

La ventilation mécanique (VM) est une des techniques de support les plus utilisées aux soins intensifs (SI). Elle est associée à des complications dont l'incidence croît avec la durée de l'assistance respiratoire (Cook *et al.*, 1998). De nombreuses études expérimentales ont démontré que la VM pouvait, par elle-même, agresser le parenchyme pulmonaire (Dreyfuss et Saumon, 1998). Selon les experts (ATS, ESICM et SRLF, 1999), ces agressions dénommées VILI pour *ventilator-induced lung injury*, incluent les ruptures épithéliales et endothéliales, l'inflammation, l'œdème pulmonaire de perméabilité, les atélectasies, l'hypoxémie et la libération systémique de médiateurs de l'inflammation. La VM a d'autres complications dites secondaires comme les pneumopathies acquises sous ventilation mécanique (PAVM). L'apparition de ce type de pneumopathies complique le séjour d'hospitalisation de 7 à 40 % chez les patients sous assistance ventilatoire (Fagon *et al.*, 2001). Cooper (2004) a démontré que la VM augmente aussi le coût des soins. Afin de minimiser le risque de ces complications, il est primordial de surveiller, quotidiennement et rigoureusement, les patients sous VM pour identifier le moment optimal pour arrêter le support ventilatoire artificiel. Pour arriver à cet objectif, le clinicien intervient en étapes dans une démarche appelée processus de sevrage ventilatoire (SV).

À nos jours, le mode ventilatoire le plus utilisé pour sevrer le patient de son respirateur est le mode de la ventilation spontanée avec l'aide inspiratoire (VSAI). Ce mode, qui est un ajout de pression constante dans les voies aériennes, permet de partager le travail respiratoire entre le patient et le ventilateur. Cependant, il ne suit pas le patient dans ses besoins ventilatoire constamment variables à l'inspiration et à l'expiration. Durant le sevrage en VSAI, on a noté une altération de qualité d'interaction patient/ventilateur. Ce qui pourrait facilement augmenter la durée de la VM. Un mode ventilatoire délivrant une aide inspiratoire variable qui suit le patient dans ses besoins ventilatoire pourra améliorer l'interaction patient/ventilateur et permettra d'éviter le risque de sur-assistance ou sous-assistance durant le sevrage ventilatoire.

Dans cette étude nous proposons un nouveau mode ventilatoire pour sevrer les patients. Ce mode est le NAVA pour le neuro-asservissement de la ventilation assistée (*Neurally Adjusted Ventilatory Assist)* qui délivre une assistance ventilatoire variable et proportionnelle aux efforts du patient. Pour évaluer la qualité du sevrage avec NAVA, nous le comparons avec le mode conventionnel VSAI chez des patients difficiles à sevrer.

2. Recension des écrits

2.1 Le sevrage ventilatoire

Selon la conférence internationale du sevrage ventilatoire (Boles, 2007), le sevrage ventilatoire est définit par l'ensemble du processus permettant le passage rapide ou progressif de l'assistance ventilatoire totale ou partielle à la respiration spontanée. Il représente 40 à 50% de la durée totale de la VM (Esteban *et al.*, 1994).

Les éléments expliquant l'échec de sevrage en tant que séparation de la ventilation artificielle doivent être différenciés clairement de ceux concernant l'échec de l'extubation. Ces derniers sont en particulier liés aux problèmes de dysfonction glottique et d'encombrement trachéo-bronchique (Qureshi, 2000; Vallverdu, 1998).
L'échec de sevrage associé à l'échec de l'extubation (réintubation) est un facteur de complications (Torres *et al.*, 1995) et de surmortalité (Epstein, 1997; Esteban, 1997).

Outre les difficultés et l'échec du sevrage, le risque principal de ce dernier est d'être retardé inutilement et d'augmenter ainsi la durée de VM. Une recherche quotidienne et une évaluation systématique par épreuve de ventilation spontanée permet de raccourcir la durée médiane de sevrage d'au moins 2 jours (Ely *et al.*, 1996).

L'optimisation du sevrage est un point clé de la gestion de l'assistance ventilatoire à l'unité des SI. Elle permet certainement de minimiser la durée de VM (Ely *et al.*, 1996) et doit donc être une des préoccupations principales du clinicien dès la fin de la phase aiguë, afin de réduire la durée de la VM et minimiser ses complications.

La conduite de sevrage ventilatoire a connu dernièrement beaucoup d'évolution, notamment l'approche physiologique avec des modes de ventilation automatisés et

l'approche bioclinique guidée par les bio-marqueurs tel que les peptides natriuretiques type-B (BNP) (Mekontso-Dessap et Brochard, 2008) secrétés en réponse au stress.

Le dernier consensus international sur le sevrage ventilatoire (Boles, 2007), a classé les patients sous ventilation assistée en trois catégories: le groupe du «sevrage simple» concerne les patients qui tolèrent l'épreuve de ventilation spontanée (VS) dès le premier essai et représente 65% des patients en sevrage; le groupe de «sevrage difficile» concerne les patients qui ont échoué la première épreuve de VS et qui vont requérir jusqu'à une semaine supplémentaire pour arriver à un succès de sevrage et représente 25% ; et le groupe de «sevrage prolongé» qui correspond aux patients ayant plus de trois échecs de d'épreuve de VS et plus de 7 jours de sevrage. Il s'agit de patients qui ont la VM prolongée et éventuellement une trachéotomie. Ce dernier groupe représente 10% des patients en sevrage.

Les recommandations actuelles sur la conduite du sevrage mettent l'accent sur la nécessité d'évaluer le plutôt possible la capacité du patient à respirer spontanément. La conférence internationale (Boles, 2007) a cité des critères simples pour évaluer si le prérequis au sevrage est atteint. Ce prérequis doit être recherché quotidiennement. Il concerne en général cinq critères : un degré d'oxygénation satisfaisant (PaO_2/FiO_2 > 200mmHg et PEP ≤ 5cmH_2O), un état hémodynamique adéquat (absence de vasopresseur), un état de conscience satisfaisant (avec sédation arrêtée), une capacité à tousser et, enfin, un indice physiologique respiratoire FR/Vt connu sous appellation *Rapid Shallow Breathing index* (RSBI) qui devrait être inférieur à 105 cycles/min/L. L'indice RSBI (Yang, 1991) a été critiqué mais il semble utile et performant pour prédire le succès du SV (Boles, 2007).

Après cette évaluation, une épreuve de ventilation spontanée doit être pratiquée. Celle-ci peut être réalisée en débranchant le patient du ventilateur et en l'oxygénant via une pièce en T ou bien en ventilant le patient en mode spontané avec ajout d'aide inspiratoire (AI) par le ventilateur à un niveau minimal réglé entre 7 et 10 cmH_2O, en fonction de l'absence ou présence d'un filtre humidificateur (nez artificiel HME) (Esteban, 1997 ; Boles, 2007). Cette épreuve de VS peut durer de 30 à 120 minutes. Une durée de 30 min semble suffisante chez la majorité des patients. Les signes de bonne tolérance sont basés sur des

critères cliniques (FR, utilisation intense des muscles accessoires, expiration active, sueurs, cyanose) et gazométriques (pH, PaO_2, $PaCO_2$. HCO_3^-). Si les critères de bonne tolérance de VS sont présents après 30 minutes de la première épreuve de VS, et c'est le cas du «sevrage facile», le clinicien cherchera par la suite les critères de l'extubation (l'état de conscience, l'encombrement et la capacité de toux et d'expectoration, une bonne fonction glottique, l'absence d'un œdème laryngé).

D'après Boles (2007), plus de 30% des patients sous VM qui rencontrent les critères de sevrage ne réussissent pas le premier test de VS et nécessiteront plusieurs autres essais. C'est le cas du «sevrage difficile» et «sevrage prolongé». Dans ce contexte, généralement, trois approches du sevrage sont possibles : L'extubation précoce suivie par une ventilation non invasive (VNI) par laquelle le patient sera ventilé à pression positive via un masque couvrant hermétiquement la bouche et le nez ; la reprise des épreuves de VS avec la pièce en T à des durées progressives ou le retour à la ventilation assistée (VA).

Pour l'approche de d'extubation suivie de VNI, le tube endo-trachéale est retiré précocement dés que le patient présente les critères de l'extubation pour éviter les complications liées à l'intubation prolongée et mis par la suite sous VNI. Il s'agit d'interrompre la ventilation invasive (VI) et poursuivre le SV en VNI. L'efficacité de cette approche est rapportée par certains auteurs (Burns *et al.*, 2006). Mais il s'agit d'une alternative plus risquée (Girault, 1999 ; Ferrer, 2003).

L'approche des épreuves de VS à répétition progressive avec la pièce en T pour sevrer le patient ventilé est moins fréquente dernièrement car, selon Esteban (1995*a*, 2002*b*), un test quotidien d'aide inspiratoire (AI) minimal semble aussi efficace. Il a déjà été démontré que l'AI permet d'augmenter l'efficacité de la VS en réduisant la charge imposée aux muscles respiratoires (Brochard, 1987a, 1989b ; Tokioka, 1989). De plus, de nombreux auteurs tel que Tokioka (1989) et Brochard (1991) recommandent l'adjonction systématique d'un niveau d'AI minimal pour vaincre les résistances à l'écoulement gazeux à travers la sonde d'intubation et les circuits du respirateur.

La troisième approche qui est le retour à la ventilation assistée (VA) semble la plus sécuritaire dans le contexte de SV. Le patient est remis en VA pour une période de repos après l'échec de la première épreuve de VS. Esteban (1995) nous propose une durée de 24 heures de récupération avant de tenter une deuxième épreuve de VS. Dans le cas de succès de l'épreuve de VS, le patient va être réévalué pour l'extubation. En cas d'échec, il sera remis en VA. Avec cette approche, l'assistance ventilatoire peut être effectuée avec le mode conventionnel VSAI délivrant une AI régulière ou bien un mode d'assistance asservie délivrant une AI variable.

2.2. Le mode VSAI

Le mode VSAI est un mode de support ventilatoire total et également un mode pour le sevrage. En VSAI, l'ajustement approprié du niveau d'AI par le clinicien permet de partager le travail respiratoire entre le patient et le ventilateur. L'efficacité de ce mode dans le SV a été bien démontrée (Brochard 1994 ; Esteban,1995) et même, récemment, recommandée (Boles, 2007). En pratique, l'AI conventionnelle a des limites. Avec ce mode, la pression est réglée et garantie, mais les volumes dépendent de la mécanique respiratoire. Un monitoring continu des volumes mobilisés et une surveillance rigoureuse du clinicien seront donc nécessaires. Chez les patients avec maladie pulmonaire obstructive, un niveau excessif d'AI peut être associé à la présence d'efforts inspiratoires inefficaces. Ces efforts traduisent des demandes inspiratoires qui ne sont pas «récompensés» par un cycle ventilateur et témoignent donc d'une asynchronie patient/ventilateur (Thille, 2006). D'autre part, un niveau d'AI insuffisant se traduit par une polypnée, des petits volumes et du tirage.

2.3. Les modes d'assistance asservie

Avec le progrès technologique en informatique et l'intelligence artificielle, on voit actuellement de plus en plus l'utilisation des nouveaux modes d'assistance asservis qui délivrent une AI variable en ajustant le support ventilatoire selon les besoins du patient. Parmi ces modes : le PAV+ pour *proportional assist ventilation* (840, Puritan Bennett), L'ASV pour *Adaptative support ventilation* (Galiléo, Hamilton Medical), le *SmartCare*

(Evita XL, Dräger Medical) et le NAVA l'acronyme de *Neurally adjusted ventilatory assist* (Servo-*i*, Maquet) et en français : le « Neuro-Asservissement de la Ventilation Assistée ». Il existe d'autres modes ventilatoires asservis. Les quatre modes cités en haut sont les plus utilisés. Ils sont tous disponibles sur le marché.

Pour le mode PAV, l'assistance ventilatoire délivrée au patient est, contrairement au VSAI, variable à chaque cycle respiratoire. Elle est proportionnelle à l'effort respiratoire et amplifiée en fonction des résistances et compliance thoraco-pulmonaires. Ce mode a l'avantage de s'adapter à la demande ventilatoire surtout avec le PAV+ (qui est le PAV amélioré). Il a des bénéfices, comparativement au VSAI, en terme du confort pour le patient (Branson, 2001) et de qualité de sommeil grâce à une meilleure synchronie patient-ventilateur (Bosma *et al.,* 2007). Malgré ces avantages, il n'y a pas encore de preuve que ce mode, en comparaison avec le VSAI au sevrage, change l'évolution clinique du patient (Branson, 2001). Gay (2001) et Fernandez-Vivas (2003) ont comparé le PAV+ avec Le VSAI et n'ont pas montré de différences en ce qui concerne la durée de la VM, le séjour aux SI ou la mortalité. Il est important de noter que ces deux études ont été réalisées en ventilation non-invasive (VNI). En pratique, il est clair que le PAV+ n'est actif que lorsque un débit existe et il est handicapé par la pression positive intrinsèque à la fin de l'expiration (PEPi).

Pour l'ASV, il s'agit d'un mode de ventilation en pression. L'assistance délivrée repose sur le réglage d'une ventilation minute cible par le clinicien et sur les mesures automatiques de la mécanique respiratoire du patient. L'objectif selon Tassaux et ses collaborateurs (2002) est de réduire le travail respiratoire et de minimiser la PEPi. Malgré ces avantages, les études qui ont évalué l'ASV au cours du sevrage n'ont pas montré une différence au terme de durée de VM (Petter, 2003 ; Cassina, 2003).

Pour le SmartCare, il s'agit d'un mode qui fonctionne avec une base de données permettant une adaptation continue et automatique du niveau d'AI qui peut favoriser le sevrage de la ventilation. L'objectif de ce mode est de maintenir le patient dans une zone de confort en fonction de sa fréquence respiratoire, son volume courant (Vt) et sa $PaCO_2$ (Dojat, 2000). L'équipe de Dojat (1996*a*, 2000*b*) a évalué plusieurs fois ce mode. Elle a pu démontrer la

fiabilité du système et sa capacité de prédire l'issue du sevrage. L'étude multicentrique de Lellouche (2006) a montré que la durée du sevrage était réduite de 2 à 4 jours avec le SmartCare comparativement à un sevrage usuel. Par contre, une étude australienne, publiée 2 ans plus tard, a montré que la durée de sevrage et de VM avec le mode SmartCare était équivalente entre le groupe interventionnel et le groupe contrôle (Rose, 2008).

Concernant le NAVA, il s'agit d'un mode ventilatoire d'assistance proportionnelle. L'ajustement de pression délivrée se base sur l'activité électromyographique du diaphragme (Eadi). Cette dernière est détectée par des électrodes placées sur la sonde gastrique installée sur une base routinière chez un patient intubé (Sinderby, 1999). Puisque le NAVA est le mode ventilatoire étudié dans ce projet, nous exposons une revue de la littérature pour bien comprendre le fonctionnement et les particularités de ce dernier.

2.4. Le mode NAVA

2.4.1 Fonctionnement du NAVA

Depuis le début de son apparition, le but du mode NAVA est d'optimiser le couplage neuro-mécanique et donc la synchronie patient/ventilateur. Il a été démontré lors d'études expérimentales sur des animaux (Beck, 2008) et aussi sur les humains (Sinderby, 2007 ; Colombo, 2008) que, de façon similaire au VSAI, plus le niveau d'assistance NAVA (niveau NAVA) augmente, moins l'effort inspiratoire du patient est important, avec réduction de l'activité électrique diaphragmatique.

Le NAVA délivre une assistance avec un niveau d'aide variable d'un cycle à l'autre, qui dépend de l'intensité de la stimulation diaphragmatique (pic Eadi) et du 'niveau NAVA' que le clinicien règle selon la formule suivante :

$$\textit{Pression délivrée} = \textit{Valeur Eadi} \times \textit{Niveau NAVA}$$

Plus le Eadi est important plus le niveau d'aide délivrée est élevé. Un niveau d'assistance élevé provoque une diminution de la stimulation diaphragmatique et donc une diminution du niveau d'aide. Le NAVA fonctionne donc comme une boucle autocontrôlée (Spahija,

2005). Cette assistance directement proportionnelle à l'effort du patient peut, d'une part, prévenir la survenue de la fatigue diaphragmatique causée par une assistance insuffisante. D'autre part, elle va limiter les efforts inefficaces et donc les risques de PEPi causée par une assistance excessive.

Avec les modes de VA traditionnels et notamment Le VSAI, c'est le déclencheur (*trigger*) initié par pression ou par débit qui permet de détecter l'effort du patient. Par contre en NAVA, l'effort est directement détecté du signal Eadi. L'inspiration commence sans aucune influence possible d'un éventuel auto-PEP. Le passage à l'expiration survient quand l'effort du patient diminue en dessous d'un seuil de 70% du pic Eadi. Le déclencheur en NAVA est neural.

Le réglage de ce mode n'est pas compliqué et ne nécessite pas de connaitre la mécanique ventilatoire du patient. Un «gain» réglable à partir d'ajustement du paramètre 'niveau NAVA' permet de répondre aux besoins ventilatoires du patient.

Le fonctionnement du NAVA nécessite la mise en place d'une sonde gastrique équipée de 10 électrodes pour l'acquisition du signal Eadi. La qualité et la stabilité de ce signal sur une durée prolongée sont mises en question, d'où la recommandation du fabriquant de changer le cathéter Eadi après cinq jours d'utilisation.

Le mode NAVA est une stratégie ventilatoire très sécuritaire. Des études en pédiatrie (Breatnach, 2010 ; Bengtsson, 2010) et chez l'adulte (Coisel, 2010) rapportent l'absence des effets indésirables associés à la ventilation en NAVA. Lorsque le signal pneumatique est détecté avant le signal neural Eadi le respirateur est déclenché par le signal pneumatique. Si le signal Eadi est absent ou faible, le respirateur passe au mode VSAI. Une ventilation d'apnée est disponible en cas d'absence d'un signal suffisant pneumatique et/ou neural.

2.4.2. Les avantage du mode NAVA

Les études scientifiques ont mis en évidence plusieurs avantages du système NAVA. Nous abordons quelques caractéristiques qui démontrent les intérêts de ce mode et qui font du NAVA une stratégie ventilatoire très intéressante.

2.4.2.1. Meilleure synchronie patient/ventilateur

Selon Thille (2006), il existe plusieurs types d'asynchronie. Les efforts inefficaces et les doubles déclenchements représentent les deux asynchronies majeures les plus fréquentes (85% et 13% respectivement) et qui sont responsables d'une sur-assistance ou sous-assistance ventilatoire. Sinderby (1999) et récemment Piquilloud (2011) ont montré qu'une assistance proportionnelle de type NAVA permettrait de limiter le volume courant à partir d'un plateau et d'éviter cette assistance inadéquate. Plusieurs études ayant comparé la synchronie entre le patient et son ventilateur en NAVA et en AI conventionnelle démontrent qu'avec le mode NAVA, l'incidence d'asynchronies est nulle (Colombo, 2008; Spahija, 2010) ou plus faible comparativement au mode AI (Terzi, 2010).

Le mode NAVA délivre une assistance bien adaptée au besoin du patient grâce au déclenchement neural. Ainsi, il peut, d'une part, limiter les efforts inefficaces et donc les risques de PEPi causée par une assistance excessive, et d'autre part, prévenir la survenue de la fatigue diaphragmatique causée par une assistance insuffisante.

2.4.2.2. NAVA et travail des muscles respiratoires

La notion d'atrophie diaphragmatique induite par une ventilation contrôlée prolongée est soutenue par des données animales (Le Bourdelle *et al.*, 1994) solides. Au niveau des études chez les humains, il a été démontré récemment (Levine *et al.,* 2008) que la VA peut conduire rapidement à une atrophie des fibres musculaires diaphragmatiques. Par ailleurs, la notion de lésions musculaires du diaphragme induites par une charge excessive prolongée est clairement établie (Levine, 2008 ; Reid, 2001 ; Sasson, 2002). Le mode NAVA avec son assistance proportionnelle pourra, théoriquement, limiter ce genre de problèmes puisque il permet, en tout temps, au diaphragme de conserver une certaine activité musculaire durant la VA. Ce qui permet d'éviter l'atrophie diaphragmatique. D'autre part, le NAVA permet d'éviter une charge excessive ou insuffisante car le travail respiratoire est proportionnellement partagé entre le ventilateur et le diaphragme.

2.4.2.3. NAVA et variabilité ventilatoire

La physiologie respiratoire présente naturellement une variabilité importante d'un cycle à l'autre. Une ventilation artificielle assurant une telle variabilité contribue à l'amélioration des échanges gazeux (Arold, 2002), optimise la mécanique respiratoire et évite les dommages histologiques liés à la ventilation (Spieth, 2009).

Le mode ventilatoire NAVA s'adapte mieux à la demande ventilatoire du patient en délivrant une assistance ventilatoire variable et optimale, contrairement au mode VSAI où l'assistance délivrée est fixe. Schmidt et ses collègues (2010) ont évalué la variabilité respiratoire en VSAI et à quatre niveaux de NAVA. La variabilité est nettement supérieure en NAVA et augmente à chaque niveau de NAVA.
Dans cette étude, le mode NAVA, comparativement au VSAI, augmentait la variabilité du profil ventilatoire et la complexité du débit tandis que la complexité de l'Eadi n'était pas modifiée. Ceci peut être expliqué par une amélioration du couplage neuro-mécanique.

2.4.2.4. NAVA et qualité de sommeil

Il est clairement démontré que le sommeil chez les patients artificiellement ventilés est très fragmenté (Cooper, 2002). Le bruit au sein de l'unité des SI est considéré une cause évidente (Freedman, 2001 ; Gabor, 2003). L'intensité de la lumière est une autre (Higgins, 2006). Plusieurs études ont démontré l'impact de la ventilation mécanique sur la qualité de sommeil. Une de ces études a confirmé que l'asynchronisme entre le patient et son ventilateur est une source importante de perturbation de sommeil (Fanfulla, 2005). Selon Delisle (2011), durant la ventilation en mode NAVA, les asynchronies étant presque nulles, la qualité de sommeil s'en trouve améliorée. Comparativement au mode VSAI, le NAVA augmente la proportion du sommeil paradoxal (REM) et présente un index de fragmentation plus faible (Delisle, 2011).

2.4.2.5. NAVA et titrage du niveau de PEP

La pression positive à la fin de l'expiration (PEP) est un paramètre important en raison de son influence sur le recrutement alvéolaire et l'oxygénation chez le patient

ventilé. Plusieurs approches ont été proposées pour déterminer le niveau optimal de PEP. En mode NAVA, une méthode de titrage du niveau de PEP, visant à optimiser ce paramètre, a été décrite par l'équipe de Brander et coll. (2008). Ils ont démontré qu'avec un niveau NAVA adéquat, l'augmentation de PEP réduit la commande respiratoire.

La même équipe a aussi mis en évidence, dans une étude récente (Passath, 2010), la surveillance du rapport du volume courant (Vt) sur le signal Eadi connu sous l'appellation de «l'indice neuroventilatoire» pendant le titrage de PEP. Cet indice permet d'identifier un niveau de PEP optimal. Il est calculé selon la formule suivante:

L'indice neuroventilatoire = Vt/Eadi

Pour atteindre un niveau de PEP optimal, cette équipe procède en augmentant graduellement la PEP par petits paliers tout en surveillant l'indice (Vt/Eadi). Si cet indice augmente (diminution de l'Eadi alors que le Vt est maintenu), ceci indique que le travail respiratoire du patient est moindre et on peut alors continuer d'augmenter le niveau de PEP pour atteindre le niveau de PEP optimal. Si l'indice Vt/Eadi diminue (augmentation de l'Eadi alors que le Vt est maintenu), cela signifie que le niveau de PEP est trop élevé. Dans ce cas, une réduction de PEP s'impose. Un niveau de PEP qui ne change pas trop la valeur d'Eadi alors que le Vt est maintenu indique le niveau de PEP optimal.

La disponibilité de l'Eadi en mode NAVA pour identifier le niveau de PEP optimal est un avantage qui contribue à l'optimisation de la ventilation.

2.4.2.6. VNI avec NAVA

En ventilation non-invasive (VNI), la synchronie patient/ventilateur est plus difficile à cause des fuites. L'AI en VNI, qui dépend d'un signal pneumatique, est très influencée par l'existence de fuites. Le mode NAVA ne dépend pas d'un signal pneumatique. Il dépend d'un signal neural. Le déclenchement de l'inspiration et l'arrêt du cycle respiratoire sont liés à l'Eadi indépendamment de fuites ce qui fait du NAVA, théoriquement, un mode idéal pour la VNI. Piquilloud et ses collaborateurs (2011) ont comparé le NAVA avec l'AI chez des patients en VNI. Ils ont démontré que l'Eadi, qui est

un signal indépendant de la mécanique ventilatoire du patient et des fuites, améliore la tolérance du patient à la VNI.

2.4.3. NAVA et sevrage ventilatoire

Avec ses avantages cités plus haut, le NAVA parait, théoriquement, idéal pour une VA optimale puisqu'il permet une assistance synchrone et proportionnelle aux efforts du patient. Il assure un travail respiratoire optimal avec une ventilation variable. Il permet au patient ventilé d'avoir une bonne qualité de sommeil. Il contribue à l'optimisation de PEP. Il délivre une meilleure VNI indépendamment de fuites.

Ce mode prometteur n'a cependant pas encore été évalué suffisamment au niveau de la pratique clinique pour des périodes supérieures à 24 heures. Dans le contexte du sevrage de la VM, les patients qui sont difficiles à sevrer semblent être de bons candidats à l'utilisation du NAVA.

2.4.4 Les limites du mode NAVA

L'instauration du mode NAVA nécessite l'installation d'une sonde œso-gastrique spécifique équipée d'électrodes qui permettent la lecture d'EMG diaphragmatique. La ventilation en NAVA est une ventilation de type proportionnel très différente de la ventilation conventionnelle. La pression dans les voies aériennes n'est pas prédéterminée par le clinicien, elle suit l'intensité des efforts inspiratoires du patient. Il en résulte que le débit inspiratoire et le volume courant différent d'un cycle à l'autre. En NAVA, l'adaptation entre le patient et le ventilateur entraine parfois une ventilation à une fréquence ventilatoire plus haute et des volumes courants plus bas comparativement à la ventilation en AI. Pour utiliser NAVA, il va falloir s'habituer à accepter ce nouveau profil ventilatoire.

Les principales limites du mode NAVA résident, selon ce que nous pensons, d'une part à la nécessité d'une installation invasive qui est le tube œso-gastrique et d'autre part, à l'instabilité de la lecture d'EMG diaphragmatique qu'on a observée au niveau pratique.

Malgré l'aspect simple et sécuritaire du mode NAVA, l'éventuelle résistance au changement apporté par les nouvelles stratégies de soins, la connaissance limitée du fonctionnement et de réglage de ce nouveau système, l'impact de la ventilation en NAVA sur le devenir des patients qui n'est pas encore suffisamment étudié, le coût du cathéter naso-gastrique Edi (dix fois le coût d'une sonde naso-gastrique ordinaire) et la nécessité de le changer après cinq jours d'utilisation (selon le fabriquant) sont des éléments qui contribuent à limiter l'utilisation du mode NAVA.

3. Hypothèse / problématique

En sevrage avec le mode conventionnel VSAI, le Vt augmente quand l'aide augmente, ce qui peut provoquer une sur-assistance et donc des efforts inefficaces. Ces derniers sont responsables d'asynchronies chez 25% des patients en sevrage. Thille et ses collaborateurs (2006) ont trouvé que les asynchronies fréquentes retardent l'identification de la sevrabilité et nécessitent une durée de VM plus longue.

Une assistance proportionnelle de type NAVA avec tous ses avantages permettra, théoriquement, d'éviter cette assistance inadéquate. Ce qui favorisera l'accélération de la procédure de sevrage. De plus, le NAVA permet au diaphragme de conserver son activité musculaire durant la VA. Ainsi, le diaphragme n'est ni paresseux ni fatigué, ce qui aidera le patient à récupérer facilement son autonomie respiratoire. D'autre part, l'amélioration de variabilité ventilatoire et de qualité de sommeil en NAVA est supposée, théoriquement, aider pour améliorer la tolérance au sevrage.

Jusqu'à présent, il n'existe aucune étude publiée qui évalue cliniquement le mode NAVA dans le contexte de sevrage pour une durée supérieure à 24 heures. Ce projet de recherche s'inscrit dans cette perspective. Il évalue la place du mode d'assistance NAVA dans la procédure de sevrage ventilatoire.

Hypothèse

Le mode ventilatoire NAVA permet au patient ventilé artificiellement une meilleure tolérance au sevrage ventilatoire et il peut réduit la période de ventilation artificielle.

Objectifs

Objectif #1

Évaluer la faisabilité de sevrage difficile avec le mode ventilatoire NAVA.

Objectif #2

Comparaison du mode NAVA avec le mode courant VSAI au niveau de la durée du sevrage ventilatoire.

Objectif #3

Évaluer la tolérance au sevrage avec NAVA en mesurant, analysant et comparant des paramètres objectifs (cliniques, spirométriques, gazométriques) qui amènent à l'interruption de la ventilation mécanique chez les deux groupes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Variables

1.1. Variables indépendantes

- ✓ La durée de sevrage ventilatoire (DSV) calculée comme le délai entre la randomisation et l'épreuve de VS réussite et soutenue pendant 30 minutes.
- ✓ La tolérance au sevrage ventilatoire (TSV) est une autre variable indépendante qui sera évaluée selon :
  - L'état hémodynamique.
  - L'état d'oxygénation.
  - La charge du travail respiratoire.

1.2. Variables dépendantes

- ✓ Niveau de support ventilatoire:
  a. Le paramètre « niveau NAVA » en $cmH_2O/\mu V$ pour le groupe interventionnel.
  b. Le paramètre AI en cmH_2O pour le groupe contrôle.
- ✓ L'état hémodynamique mesuré avec:
  a. La fréquence cardiaque (FC).
  b. La pression artérielle moyenne (TAM).
- ✓ L'état d'oxygénation évalué en fonction de:
  a. La saturation en oxygène (SpO_2)
  b. la pression artérielle d'oxygène (PaO_2)
- ✓ La charge du travail respiratoire évaluée selon:
  a. La pression d'occlusion à 100 millisecondes (P0.1)
  b. L'index de respiration superficielle (RSBI)
  c. L'activité électrique du diaphragme (Eadi) dans les deux groupes durant les 30 minutes de l'épreuve de VS avec une assistance ventilatoire minimale ($AI_{minimal}$ ou Niveau $NAVA_{minimal}$).

- ✓ La fréquence de complications (réintubation dans les 48 heures post extubation, recours à la VNI post extubation).

2. Matériel

Les patients inclus dans cette étude sont tous ventilés avec le respirateur Servo-i (Maquet). Cet appareil est calibré conformément aux installations du service de génie biomédical (GBM) de l'HSCM. Le réglage de la date et l'heure sur ces respirateurs est effectué avant l'utilisation. Le nez artificiel HME est utilisé comme mode d'humidification de l'air insufflé pour tous les patients de cette étude.

La collecte des données se fait à partir du dossier médical du patient et de la Carte d'Enregistrement Ventilatoire (VRC version 1.1) compatible avec le Servo-i et lisible avec les systèmes d'exploitation Windows et Mac.

3. Sujets

À l'unité des Soins Intensifs (SI) de l'hôpital de Sacré Cœur de Montréal (HSCM), les patients adultes ventilés artificiellement qui nécessitent un support ventilatoire prolongé (plus de 48 heures) et sont rendus au mode de VA, constituent la population à étude de ce projet. La taille de l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

$$n = 2\left[\frac{(Z\alpha + Z\beta)\sigma}{\Delta}\right]^2$$

$Z\alpha$ à 0.05 = 1.96
$Z\beta$ à 0.20 = 0.84 test bilatéral
$\sigma = 3.7$ et $\Delta = 2$ jours de durée de sevrage

Donc : $n = 2[(1.96 + 0.84)\ 1.85]^2 = 53.7$ par groupe

Selon cette formule, un nombre total de 108 participants (54 par groupe) sera nécessaire pour que l'étude soit complète. Dans le contexte actuel, cette taille d'échantillon pourrait être difficile à atteindre en considérant la prévalence de la population visée et le temps défini pour la collecte de données.

Le mode NAVA n'a pas été encore évalué cliniquement dans le contexte du sevrage ventilatoire. Ce projet sera très vraisemblablement une étude-pilote visant à évaluer la faisabilité du sevrage ventilatoire (sevrage difficile) avec ce nouveau mode. Dans une éventuelle prochaine étape de l'étude et au-delà de ce projet de maîtrise, une analyse intérimaire par des statisticiens de l'extérieur (CRC-CHUS) ouvrera probablement la porte à une recherche plus poussée dans le but de confirmer ou infirmer le nombre requis de patients, sur la base des données collectées. Nous pourrons aussi évaluer le temps requis pour compléter le nombre calculé de participants.

3.1. Critères d'inclusion

- Patients, femmes et hommes, âgés de 18 ans et plus ;
- Patients intubés et sous VM depuis au moins 48 heures ;
- Patients en mode ventilatoire assisté (VA) ;
- FR ≤ 35/min, PaO_2 ≥ 60 mmHg ou SpO_2 ≥ 90% avec FiO_2 ≤ 0.4 (ou PaO_2/ FiO_2 ≥ 150 mmHg) et PEP ≤ à 8 cm H2O;
- État hémodynamique stable et sans vasopresseur;
- Sédation cessée ou à dose minimale pour contrôler la douleur;
- Consentement éclairé signé par le patient ou un proche.

3.2. Critères d'exclusion

- Refus de participer à l'étude ;
- Succès de la première épreuve de VS suivi d'extubation réalisée ou programmée pour le jour même ;
- Patients ayant une hernie diaphragmatique ou une paralysie du diaphragme ;
- Patients blessés médullaires;
- Patients avec un traumatisme cranio-cérébral;
- Patients qui ont subi une neurochirurgie;
- Patients qui ont subi une chirurgie cardiaque;
- Patients ayant une FiO_2 > 0.4, FR > 35/min, PaO_2 < 60 mmHg ou SpO_2 < 90% ;
- Patients avec trachéotomie;

- Patient déjà randomisé dans un des groupes de l'échantillon.

4. Procédure clinique

Une vérification quotidienne et systématique chez tous les patients sous VM à l'unité des SI sera réalisée à la recherche des critères d'inclusion et d'exclusion. Après cette première sélection par l'équipe de soins, l'information sur le projet est transmise avec explications au patient ou un de ses proches par l'équipe de recherche, et un consentement éclairé sera signé par le patient ou un de ses proches éligibles (Figure 1).

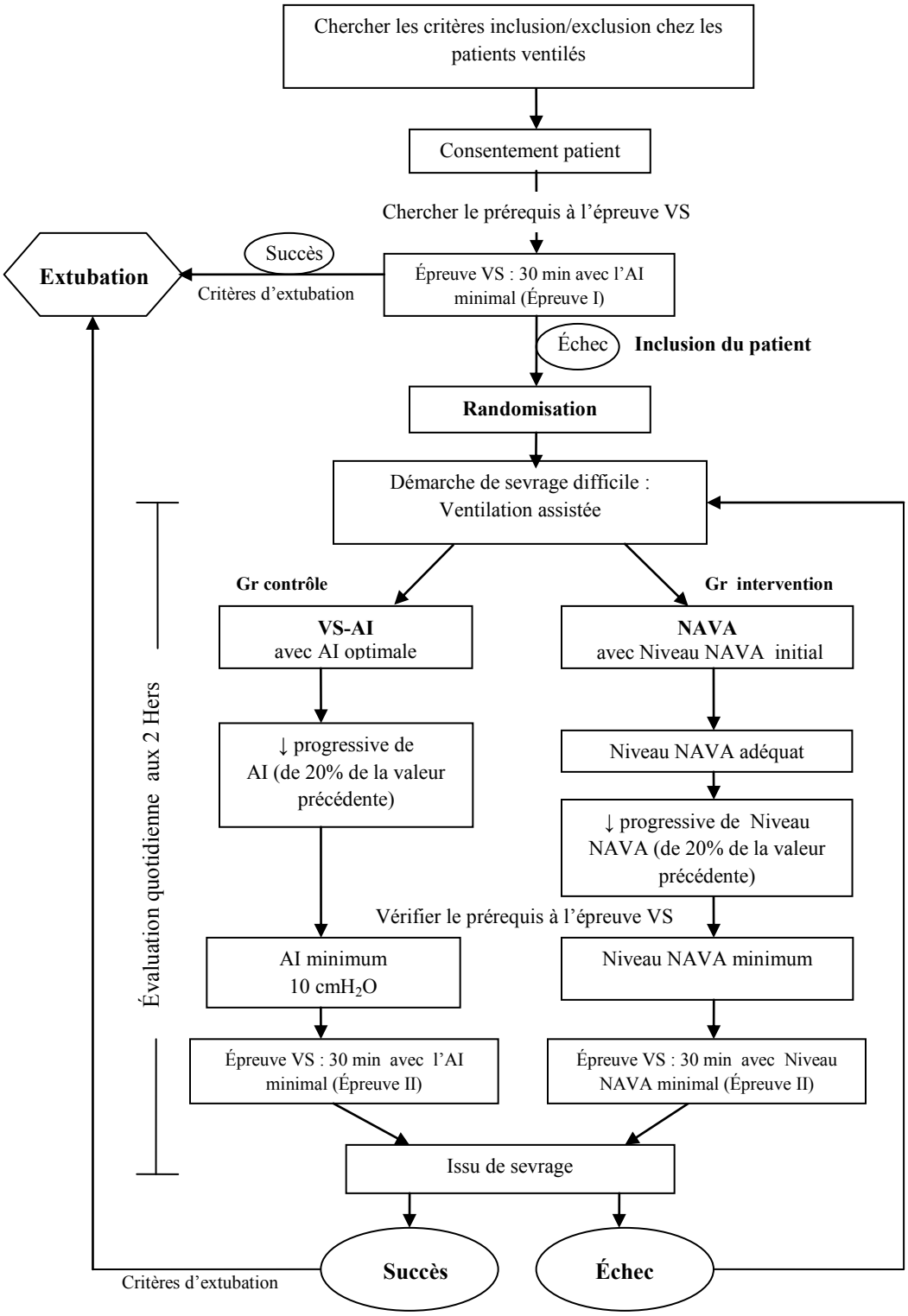

Chercher les critères inclusion/exclusion chez les patients ventilés
Consentement patient
Chercher le prérequis à l'épreuve VS
Extubation
Succès
Critères d'extubation
Épreuve VS : 30 min avec l'AI minimal (Épreuve I)
Échec
Inclusion du patient
Randomisation
Démarche de sevrage difficile : Ventilation assistée
Gr contrôle
Gr intervention
VS-AI avec AI optimale
NAVA avec Niveau NAVA initial
↓ progressive de AI (de 20% de la valeur précédente)
Niveau NAVA adéquat
↓ progressive de Niveau NAVA (de 20% de la valeur précédente)
Évaluation quotidienne aux 2 Hers
Vérifier le prérequis à l'épreuve VS
AI minimum 10 cmH2O
Niveau NAVA minimum
Épreuve VS : 30 min avec l'AI minimal (Épreuve II)
Épreuve VS : 30 min avec Niveau NAVA minimal (Épreuve II)
Issu de sevrage
Succès
Échec
Critères d'extubation

Figure 1: Schéma illustrant le déroulement de l'étude

4.1. Recherche du prérequis à la VS

Avant de procéder à une épreuve de VS, une évaluation systématique quotidienne des patients présélectionnés est réalisée par l'inhalothérapeute en collaboration avec les médecins et les infirmières à la recherche d'un prérequis au sevrage. Ce prérequis est constitué de cinq critères simples :

- Un degré d'oxygénation satisfaisant: PaO_2/FiO_2>200mmHg et PEP ≤ 5cmH_2O ;
- Un statut hémodynamique adéquat (absence de vasopresseur) ;
- Une conscience satisfaisante avec sédation cessée ;
- une capacité à tousser (évaluée lors des aspirations endo-trachéales) ;
- L'index de la respiration superficielle FR/Vt (RSBI) qui devrait être < à 105 cycle/min/L.

4.2. Épreuve de VS (Épreuve I)

Dés que le patient démontre un prérequis au sevrage, un test d'épreuve de VS est réalisé avec $AI_{minimal}$ (10 cmH_2O avec le nez artificiel HME) durant 30 minutes et avec une pente du lit d'environ 15 degrés. La positivité de ce test indique le succès d'un «sevrage simple». Ainsi le patient sera séparé du ventilateur et extubé par la suite si les critères d'extubation sont présents. Le succès de la première épreuve de VS exclue le patient de cette étude qui vise des patients de catégorie «sevrage difficile». La notion du succès ou d'échec de l'épreuve de VS est directement liée à la présence ou l'absence des signes et indices de tolérance de sevrage (Tableau 1).

Tableau 1 : Signes et indices du succès et d'échec de l'épreuve de ventilation

	Succès d'épreuve VS	Échec d'épreuve VS
État de conscience	- Éveil - Calme	- Somnolence - Anxiété, agitation - Diaphorèse
Oxygénation	- $PaO_2 \geq 60$ mmHg - $SpO_2 \geq 92\%$ avec $FiO_2 \leq 40\%$	- $PaO_2 \sim 50$ à 60 mmHg - $SpO_2 \sim 90\%$ avec $FiO_2 \geq 50\%$
État respiratoire	- Pas dyspnée - FR ≤ 35/min - FR/Vt ≤ 100 - pH entre 7.35 et 7.45 - $PaCO_2$ entre 35 et 45 mmHg	- Tirage, utilisation des muscles respiratoires accessoires - FR >35/min ou augmentation de FR ≥ 50% - FR/Vt ≥ 105 - $PaCO_2 \geq 50$ mmHg ou augmentation ≥ 8 mmHg - pH< 7.32 ou diminution ≥ 0.07
État hémodynamique	- FC ~ 60 à 120 batt/mn ou Δ FC ≤ 20 batt/min - TA ~ 90 à 140 / 50 à 80 mmHg - Rythme cardiaque régulier	- FC > 140 batt /min - Hypertension artérielle ≥ 180 mmHg ou une augmentation ≥ 20% - Hypotension artérielle < 90 mmHg - Présence d'arythmies

4.3. Inclusion finale

Pour une inclusion définitive, le patient devra échouer la première épreuve de VS en affichant des manifestations cliniques de l'intolérance du sevrage durant la période d'épreuve de VS. Il sera remis en VA après avoir été randomisé. L'installation de la sonde œsogastrique de type cathéter Edi sera effectuée selon les directives du fabricant.

4.3.1 Le cathéter Edi

Le cathéter Edi est une sonde d'alimentation à usage unique équipée d'électrodes de mesure. Il est positionné dans l'œsophage de façon à ce que les électrodes de mesure couvrent l'étendue de mouvement du diaphragme.

Le cathéter Edi est destiné à un usage unique. Tout retraitement réduit la biocompatibilité.
Comme toute sorte de sonde œsogastrique, le risque de saignement par le nez ou par la bouche est courant durant l'installation surtout quand la pose s'avère plus difficile que prévue. Le saignement est bénin la plupart du temps et se tarisse spontanément.
Le cathéter Edi doit être retiré du patient avant tout examen d'imagerie par résonance magnétique (IRM).
Du fait des électrodes métalliques, les forts champs magnétiques peuvent produire de la chaleur dans les électrodes. En plus, des artéfacts peuvent apparaître sur les images de l'IRM.

4.3.2. La mise en place du cathéter Edi

Sur l'écran du respirateur, la fenêtre «Mise en place du cathéter Edi» affiche quatre dérivations d'ECG captées par les électrodes du cathéter Edi.
Les segments bleus sur les traces d'ECG indiquent les électrodes dont les signaux sont les plus forts.
Si les dérivations signalées en bleu sont au centre (deuxième et troisième dérivations), ca signifie que le cathéter est aligné correctement et est prêt à être fixé. Sinon, il faut ajuster la position du cathéter Edi en insérant ou retirant le cathéter jusqu'à ce que les signaux bleus soient affichés sur les dérivations du centre.

4.4. Randomisation

Par la randomisation, le patient sera ventilé soit en mode VSAI (groupe contrôle) ou bien en mode NAVA (groupe interventionnel). La randomisation est réalisée en utilisant une table de nombres aléatoire. Les patients sont assignés au hasard par blocs de 4 patients faisant une combinaison préétablie du type: ABBA ou BAAB. Dans chacune de ces combinaisons il y'aura nécessairement 2 patients assignés A et 2 autres assignés B. La lettre A signifie le sevrage avec mode conventionnel VSAI. La lettre B signifie le sevrage avec le mode NAVA.

4.5. Groupe contrôle

Dès que le patient est assigné au groupe contrôle après la randomisation, le mode de ventilation est VSAI, sans modification du niveau de FiO_2 et de PEP. Le niveau d'AI initial est réglé pour :

- Un Vt compris entre 6 et 8 ml/kg en utilisant le poids idéal théorique obtenu à l'aide de la formule de Devine (1974) suivante :

$$P_{idéal} = X + 0.91\ (Taille\ en\ cm - 152.4)$$

X = 50 pour les hommes

X = 45.5 pour les femmes

- Une FR ≤ à 35 cycles/minute;
- Un niveau maximal de pression inspiratoire (AI + PEP) autorisé est ≤ à 30cmH_2O.

Ce niveau d'AI initial s'appelle «AI optimale». Avec une surveillance systématique et quotidienne aux deux heures, on procède à une diminution progressive du niveau d'AI avec un palier de 20% de la valeur précédente selon tolérance du patient tout en surveillant les signes cliniques, les signes vitaux et les paramètres spirométriques. Une analyse des gaz du sang sera demandée si nécessaire pour avoir une gazométrie du départ. La diminution progressive de l'AI sera continue jusqu'à 10 cmH_2O qui est le niveau d' « AI minimal ». En arrivant à ce dernier, une revérification du prérequis à l'épreuve VS sera réalisée. La présence des critères nécessaire nous amènera à effectuer l'épreuve de VS avec l'AI minimale durant 30 min (Épreuve II). La positivité de cette épreuve indique que le patient est prêt à être séparé du ventilateur. Le clinicien cherchera, par la suite, les critères de l'extubation pour enlever le tube endo-trachéal. Si le patient échoue l'épreuve de VS en démontrant les signes d'intolérance (signes de détresse respiratoire ou d'instabilité hémodynamique), le test sera interrompu et le patient sera remis en AI optimale pour un repos. Cette période de repos varie selon l'état du patient. Elle dure jusqu'a ce que le patient affiche les signes d'une stabilité respiratoire et hémodynamique.

4.6. Groupe interventionnel

Dès que le patient est assigné au groupe interventionnel après la randomisation, il sera ventilé en mode NAVA sans modification du niveau de FiO2 et de PEP. Avant d'activer ce mode, une estimation du «niveau NAVA initial» sera effectuée en calculant ce paramètre à l'aide de la formule suivante :

Niveau NAVA initial = AI (que le patient avait) / Valeur Eadi

Ensuite, on va ajuster ce paramètre sur la fenêtre NAVA en commençant par un niveau d'assistance faible de 0.5 $cmH_2O/\mu V$.

Une fois ce niveau NAVA initial défini, le mode NAVA sera activé. L'optimisation finale du paramètre niveau NAVA sera réalisée en recherchant un plateau du Vt comme il est indiqué au manuel d'utilisation de NAVA. Ce niveau NAVA sera validé avec la stabilité d'un Vt adéquat et une FR adéquate durant 15 à 20 respirations. Comme pour le groupe VSAI (groupe contrôle), on cherchera :

- Un Vt compris entre 6 et 8 ml/kg en utilisant le poids idéal;
- Une FR ≤ à 35 cycles/minute;
- Un niveau maximal de pression inspiratoire (assistance NAVA + PEP) autorisé est ≤ à 30 cmH_2O.

Le niveau NAVA optimisé s'appellera «niveau NAVA adéquat». Avec une surveillance systématique et quotidienne aux deux heures, on procède à une diminution progressive du niveau NAVA avec un palier de 20% de la valeur précédente selon tolérance du patient tout en surveillant les signes cliniques, les signes vitaux et les paramètres spirométriques. Une analyse des gaz du sang sera demandée si nécessaire pour avoir une gazométrie de départ. La diminution progressive du niveau NAVA sera continue jusqu'au «niveau NAVA minimal» déterminé par la formule suivante :

Niveau NAVA minimal = AI minimale / Valeur Eadi

Sachant que :

- La Valeur Eadi est lue sur la fenêtre Outil de neuro-ventilation après quelques respirations.
- AI minimale chez l'adulte ventilé avec nez artificiel HME = 10 cmH_2O.

En arrivant au niveau NAVA minimal, une nouvelle vérification du prérequis à l'épreuve VS sera réalisée. Comme pour le groupe contrôle, la présence du prérequis à VS nous amène à effectuer l'épreuve de VS durant 30 min (Épreuve II). La positivité de cette épreuve indique que le patient est prêt à être séparé du ventilateur. Le clinicien cherchera, par la suite, les critères de l'extubation. Si le patient échoue cette épreuve de VS en démontrant les signes d'intolérance (signes de détresse respiratoire ou d'instabilité hémodynamique), le test sera interrompu avant 30 minutes et le patient sera remis en niveau NAVA adéquat pour un repos avant de retenter le sevrage progressif de l'assistance en NAVA.

5. Mesures

Les paramètres FR et Vt sont lus directement à partir de la carte VRC de l'appareil Servo-i. La Mesure de la pression d'occlusion (P0.1) ainsi que l'indice RSBI (FR/Vt) est effectuée par l'appareil et enregistrée. Deux mesures seront prises et séparées d'une période de trois minutes. Les paramètres gazométriques sont collectées à partir de l'analyse d'un échantillon sanguin artériel du patient par l'appareil ABL800 disponible à l'unité des SI et manipulé par les inhalothérapeutes. L'ABL800 est calibré conformément aux exigences du fabriquant et de GBM de l'hôpital. Les signes vitaux (TAM, FC et SpO_2) sont lus continuellement sur l'appareil du monitoring *SpaceLabs Medical* des SI. La durée de sevrage ventilatoire (DSV) est calculée à partir des données de l'affiche ventilatoire et celles enregistrées sur la carte VRC 1.1. La fréquence des complications dans les 48 heures post-extubation (réintubation ou recours à la VNI) sera collectée à partir du dossier médical du patient.

RÉSULTATS

1. Statistiques descriptives

À l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal (HSCM), nous comptons une moyenne de 2200 admissions par an durant les années 2009, 2010, 2011 et 2012 aux unités de soins intensifs, soins coronariens et soins intensifs intermédiaires (Rapports annuels de l'HSCM, 2009, 2010, 2011 et 2012) en provenance de l'unité d'urgence, des autres secteurs cliniques de l'hôpital et des autres établissements. Une moyenne de 942 patients subit une intubation et ventilation artificielle invasive. Soit 42,8% de la totalité des patients admis pour des soins intensifs (Logiciel de statistiques SiPlus version 2.0 de l'HSCM).

Les sujets visés pour cette étude réalisée aux unités des soins intensifs et soins intensifs intermédiaires de l'HSCM sont des patients adultes et sous ventilation artificielle invasive plus de 48 heures (ventilation invasive prolongée). Dans notre étude, nous avons exclu les patients qui ont subi un traumatisme crânien. Cette clientèle représente une moyenne de 174 patients par an, soit 18.5% des patients ventilés. Nous avons exclus également les patients qui ont subi une neurochirurgie représentés par une moyenne de 47 patients par an. Soit 4.9% des patients ventilés. Les blessés médullaires sont aussi exclus. Ils sont représentés par une moyenne de 35 patients par an. Soit 3,7% des patients ventilés. Tous les patients sous ventilation artificielle qui ont subi une chirurgie cardiaque sont également exclus de cette étude. Cette clientèle représente une moyenne de 540 patients par an. Soit 57.3% des patients ventilés.

Après ces exclusions et dans le but de respecter l'éligibilité à l'étude, nous n'avons l'accès qu'à 15,5% des patients ventilés artificiellement. Soit 146 patients représentés dans le graphique 2 dans la section orange nommée «Autres patients».

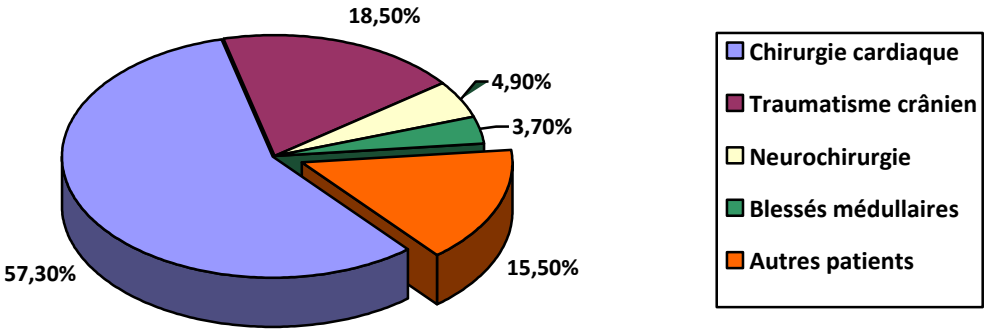


Figure 2 : Patients sous ventilation invasive à l'HSCM

Dans le but de séparer ces patients de leur support ventilatoire et récupérer leur autonomie respiratoire, le processus de sevrage ventilatoire à été tenté pour chacun de ces patients. Théoriquement, les patients en sevrage ventilatoire sont classés en trois catégories: le groupe du «sevrage simple» qui représente 65% ; le groupe de «sevrage difficile» qui représente 25% et le groupe de «sevrage prolongé» représentant 10% des patients en sevrage (Boles, 2007).

Les patients visés par notre étude sont, plus spécifiquement, les patients en sevrage difficile (25% des patients en sevrage ventilatoire). Ce qui a limité le nombre des patients éligibles à seulement 36 patients.

En raison d'une étude concurrente qui évalue le mode NAVA chez les patients avec diagnostic des maladies pulmonaires obstructives chroniques (MPOC), nous n'avons pas eu le choix d'exclure de notre étude tous les patients ventilés et diagnostiqués MPOC.

Nous avons rencontré d'autres raisons qui ont, malheureusement, encore diminué l'accessibilité aux patients éligibles. Il s'agit des raisons techniques incontrôlables tel que :

- La résistance au changement : les intervenants des équipes de soins ne sont pas tous assez ouvert pour essayer les nouvelles stratégies de ventilation telle que NAVA probablement parce que la technique est nouvelle et elle n'est pas encore assez connue.

- La disponibilité limitée de l'équipe de recherche : il s'agit d'un grand projet nécessitant beaucoup de surveillance. Cependant, l'équipe de recherche n'est pas nécessairement disponible au chevet des patients ventilés 24 heures sur 24 heures pour augmenter les chances de recruter tout patient représentant les premiers critères de potentialité. Le risque de manquer un patient potentiel est très présent surtout à la phase ou le patient présente les signes de prérequis pour la ventilation spontanée.
- La gestion de matériel : Nous avons fini la réalisation du projet avec 5 respirateurs munis du logiciel NAVA. Alors qu'au début de projet nous n'avons eu que 2 respirateurs NAVA à cause d'un retard de quelques mois de la livraison des respirateurs Servo-i.

Pour respecter les critères serrés de l'éligibilité à l'étude et pour toutes les autres raisons citées en haut, nous n'avons pas pu sélectionner que 19 patients en sevrage ventilatoire.

De ce nombre de patient éligibles, nous avons retiré, au cours des premières étapes de l'étude, sept patients à la demande du médecin traitant. Un changement imprévu de traitement était la raison principale de la décision médicale. Trois autres patients ont été également retirés de l'étude à cause des modifications de consentement de la part des proches. Un dernier patient a été exclu après la randomisation à cause du hoquet persistant, résistant au traitement et influençant l'activité électrique du diaphragme. Ces nombreuses exclusions ont beaucoup réduit l'accessibilité aux patients visés. Enfin, un échantillon final de huit patients randomisés a été retenu.

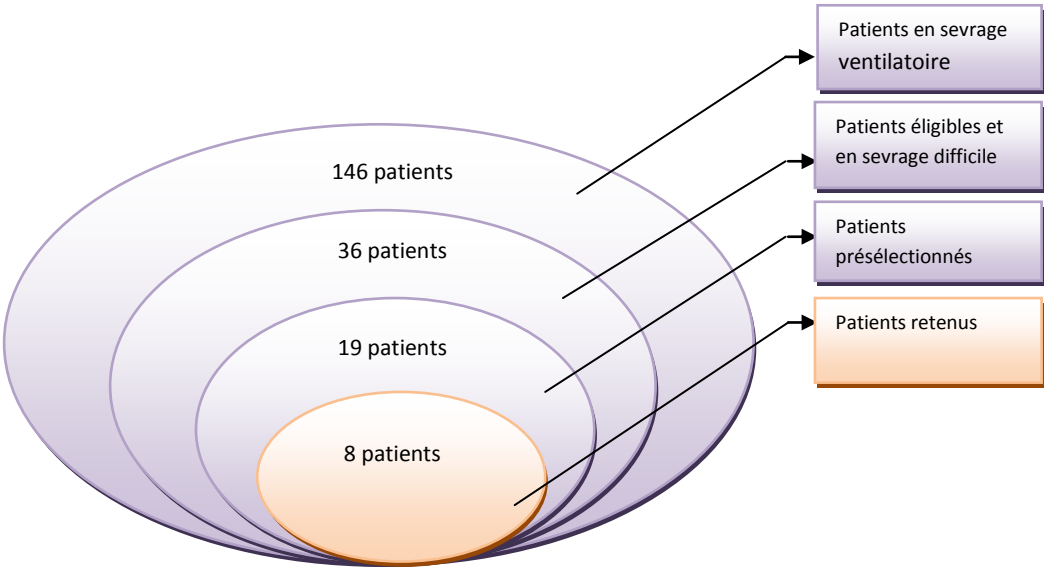


Figure 3: Les étapes de recrutement de l'échantillon final

Les huit patients retenus ont formé deux groupes: groupe A (groupe contrôle) de 4 patients qui on été sevrés de la VM avec le mode habituel VSAI et groupe B (groupe interventionnel) de 4 patients sevrés avec l'approche NAVA. Les 8 patients adultes, qui sont inclus dans cette étude, font partie de la catégorie de sevrage difficile. La procédure de sevrage ventilatoire difficile commence après l'échec de la 1re épreuve de VS. L'âge moyen des patients est de 67 ± 4,74 ans pour groupe A et 73 ± 6,16 ans pour groupe B. Dans chacun des deux groupes on trouve, imprévisiblement, une femme et 3 hommes. Les patients sont intubés et ventilés artificiellement pour des différentes raisons tel que l'insuffisance respiratoire aigue, choc septique et arrêt cardio-respiratoire. La moyenne du score Apache II (*Acute Physiology and Chronic Health Evaluation*) calculé durant les premières 24 heures après l'admission à l'unité des soins intensifs est de 26,25 ± 5,12 chez les patients de groupe VSAI versus 26 ± 4,85 chez le groupe NAVA. Le Tableau 2 résume les données des patients inclus.

Tableau 2: données des patients des deux groupes (NAVA et VSAI)

	Âge (ans)	Sexe	Apache II
Groupe A (VSAI)	67 ± 4,74	1 femme + 3 hommes	26,25 ± 5,12
Groupe B (NAVA)	73 ± 6,16	1 femme + 3 hommes	26 ± 4,85

1.2 L'état de conscience

Pour objectiver l'état de conscience, nous avons évalué le niveau de sédation chez les patients en fonction de l'échelle de Richmond (échelle de sédation RASS). Le niveau de RASS chez les patients des deux groupes est situé entre -2 (diminution légère de la vigilance) et +2 (parfois agité). Tableau 3 affiche le niveau RASS de chaque patient.

Tableau 3: Le niveau de sédation chez les patients des 2 groupes en fonction de l'échelle RASS.

	RASS chez groupe NAVA	RASS chez groupe VSAI
Patient 1	-1	2
Patient 2	0	-1
Patient 3	2	1
Patient 4	-2	-2

2. Installation de cathéter Edi

Le cathéter Edi a été installé à tous les patients inclus dans cette étude sans aucune complication notée. Le temps nécessaire pour la manœuvre de l'installation varie d'un patient à l'autre entre 7 à 17 minutes avec une moyenne de 12.37 minutes.

3. Durée de sevrage ventilatoire (DSV)

Durant la procédure de sevrage ventilatoire difficile, la DSV est la durée entre l'échec de la 1re épreuve de VS (le moment de la randomisation) et le moment du succès

d'une épreuve de VS (le moment de la séparation définitive du patient de son respirateur) à l'intérieur des 7 jours suivants la randomisation. Cette période DSV a été calculée pour chacun des patients inclus dans ce projet.

Le groupe sevré en NAVA présente une DSV de 59,52 ± 37,18 heures. Par contre chez le groupe VSAI cette durée est de 118,96 ± 52,65 heures (Figure 2). Une différence de 59,44 heures suggère que le mode NAVA réduit la durée de sevrage ventilatoire de 50,07% (p=0,083). Ce résultat n'est pas statistiquement significatif.

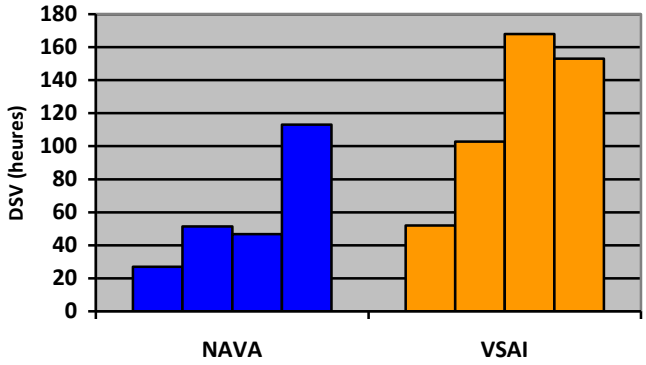


Figure 2: durée de sevrage ventilatoire (DSV) exprimée en heures chez les deux groupes (NAVA et VSAI). Chaque patient est présenté par une colonne.

3. La tolérance au sevrage ventilatoire (TSV)

Durant un sevrage ventilatoire bien toléré, le patient reprend son autonomie respiratoire sans afficher les signes d'intolérance. Pour objectiver la tolérance au sevrage, nous avons définit la TSV dans cette étude en appréciant l'évolution de trois éléments:

- Une stabilité hémodynamique,
- Une oxygénation satisfaisante,
- Une charge du travail respiratoire optimale.

3.1. L'état hémodynamique

Pour l'état hémodynamique, une surveillance de fréquence cardiaque (FC) et de la tension artérielle moyenne (TAM) chez les patients des 2 groupes a été effectuée.

3.1.1. La fréquence cardiaque (FC)

À l'exception de quelques moments de tachycardie instantanée suite à une douleur non soulagée ou à une manœuvre d'aspiration des secrétions endo-trachéales, la FC chez les patients des 2 groupes reste dans l'intervalle normale avec une moyenne de 85,78 ± 5,54 batt/min chez le groupe NAVA versus une moyenne de 79,27 ± 12.99 batt/min chez les patient VSAI (*Tableau 3*).

3.1.2. La tension artérielle moyenne (TAM)

La collecte de données de la tension artérielle (TA) systolique et diastolique permet d'apprécier la TAM chez les patients en étude. Les tendances de ce paramètre affichent une moyenne de 78,79 ± 3,07 mmHg chez les patients sevrés en NAVA versus 79,80 ± 6,37 mmHg chez les patients sevrés en VSAI (Tableau 4)

Tableau 4: La moyenne et la médiane de la FC et la TAM chez les patients des deux groupes.

		NAVA	VSAI
FC (battements/min)	Moyenne	85,78 ± 5,54	79,27 ± 12.99
	Médiane	85	65
TAM (mmHg)	moyenne	78,79 ± 3.07	79,80 ± 6.37
	Médiane	79	76

3.2 L'état d'oxygénation

Avant de commencer le sevrage l'état oxygénatoire des patients est satisfaisant et permettant de d'amorcer le processus du sevrage. Le rapport PaO_2/FiO_2 est supérieur à 200 mmHg. Le tableau 5 illustre la valeur du rapport P/F de départ chez les huit patients inclus.

Tableau 5: la valeur du rapport P/F de départ chez les huit patients.

	PaO_2/FiO_2 chez groupe NAVA	PaO_2/FiO_2 chez groupe VSAI
Patient 1	209	306
Patient 2	363	306
Patient 3	206	320
Patient 4	300	414

Les patients sont tous ventilés avec une fraction inspiratoire d'O_2 (FiO2) moyenne quasiment semblable. 51,17% ± 3,75 pour le groupe sevré en NAVA versus 48,22 % ± 4,79 pour le groupe sevré en VSAI. Le niveau d'oxygénation a été évalué en comparant la saturation en oxygène (SpO_2) et la pression partielle en oxygène artériel (PaO_2) durant le sevrage chez les patients des deux groupes.

3.2.1. La saturation en oxygène (SpO_2)

La moyenne de la SpO_2 chez les patients en NAVA est à 97,17 ± 1,75 %. Pour les patients sevrés en VSAI la moyenne de la SpO_2 est à 98,22 ± 1,79%. Chacune de ces valeurs représente la moyenne des moyennes des quatre patients de chaque groupe (Tableau 6).

3.2.2. La pression partielle en oxygène artériel (PaO_2)

Tous les patients ont subi plusieurs tests des gaz sanguins durant le processus du sevrage. La moyenne de la PaO_2 chez les patients NAVA est à 93,61 ± 13,37 mmHg versus

113,85 ± 20,88 mmHg chez les patients VSAI. Chacune de ces valeurs est une moyenne des quatre moyennes de chaque groupe (Tableau 6).

Tableau 6: La moyenne et la médiane de la FiO2, SpO_2 et la PaO_2 chez les patients des deux groupes.

		NAVA	VSAI
FiO_2 (%)	moyenne	51,17 ± 3,75	48,22 ± 4,79
	médiane	50	45
SpO_2 (%)	moyenne	97,17 ± 1,75	98,22 ± 1,79
	médiane	97	98,23
PaO_2 (mmHg)	moyenne	93,61 ± 13,37	113,85 ± 20,88
	médiane	91	102

3.3. La charge du travail respiratoire

La charge respiratoire correspond au travail fourni par le système respiratoire pour effectuer une respiration complète. Dans notre étude, l'appréciation de la charge du travail respiratoire est effectuée en évaluant trois paramètres: la pression d'occlusion P0.1, l'index de respiration superficielle RSBI et l'activité électrique du diaphragme l'Eadi.

3.3.1. La pression d'occlusion (P0.1)

La pression d'occlusion (P0.1) traduit l'effort respiratoire évalué de façon non invasive par la mesure automatisée de la pression d'occlusion à 100 millisecondes. Ainsi, la P0.1 est un reflet du travail respiratoire du patient.

L'appréciation de la P0.1 chez le groupe NAVA affiche une moyenne de P0.1 à 0.99 ± 0.75 cmH_2O. Alors que chez les patients du groupe VSAI, la moyenne de ce paramètre est à 1,94 ± 1,60 cmH_2O. La figure 3 illustre la distribution de P0.1 des patients en étude autour

de la valeur normale maximale qui est 4 cmH_2O du début jusqu'à la fin du sevrage (Figure 5).

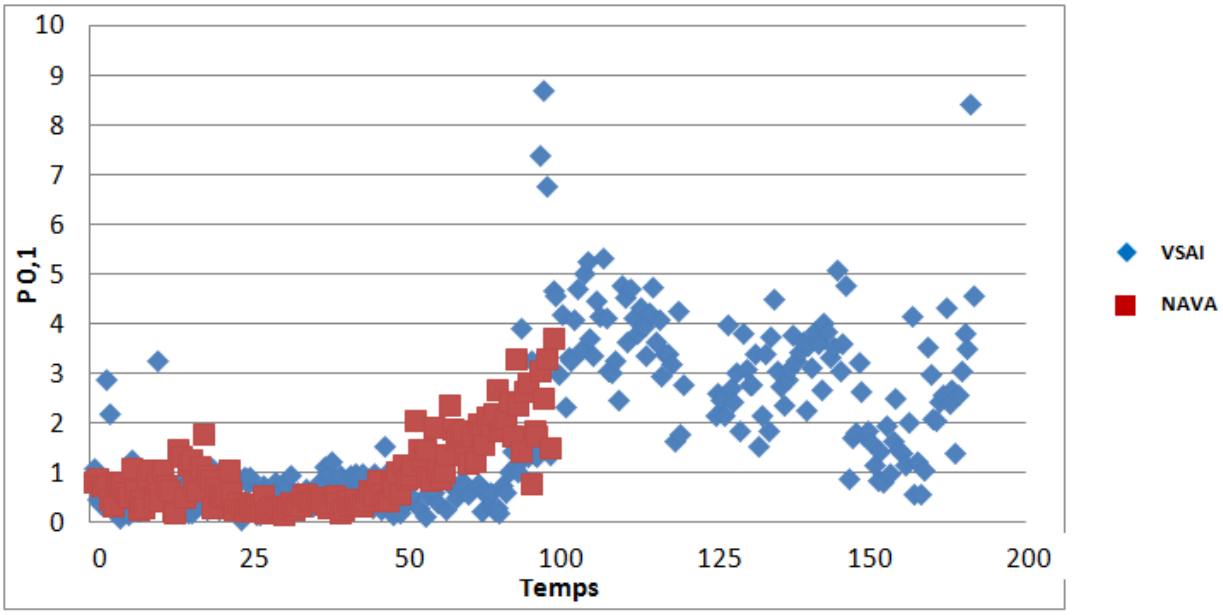
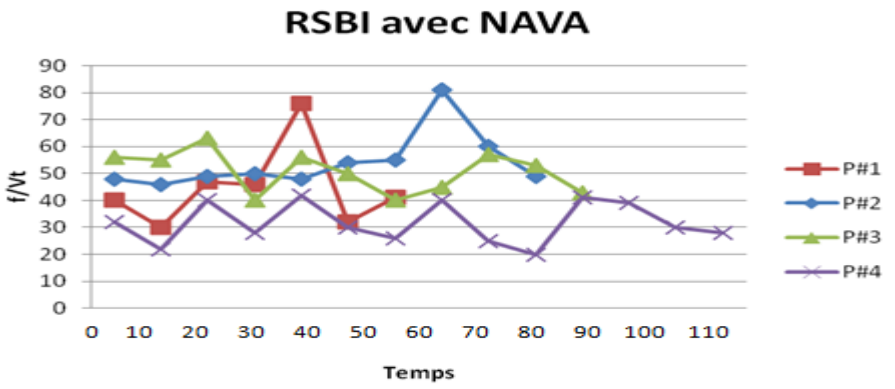


Figure 5 : la valeur P0.1 chez les 2 groupes durant le sevrage

3.3.2. L'indice RSBI

Le 2e paramètre surveillé pour apprécier la charge du travail respiratoire est l'indice FR/Vt connu sous l'acronyme RSBI. Cet indice évalue le patron respiratoire chez le patient en sevrage. Un RSBI normal est < 105 cycles/min/L. La moyenne de cet indice chez les patients des deux groupes VSAI et NAVA est respectivement 54,17 ± 19,54 cycles/min/L et 51,15 ± 18,75 cycles/min/L. La figure 6 illustre les tendances de RSBI chez les patients des deux groupes.

a)



b)

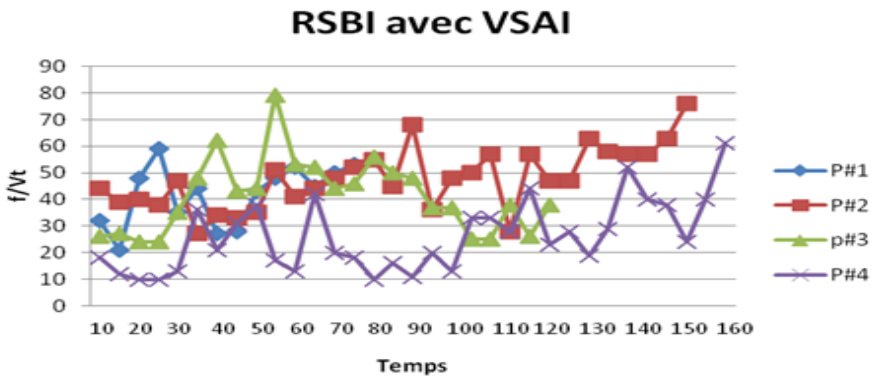


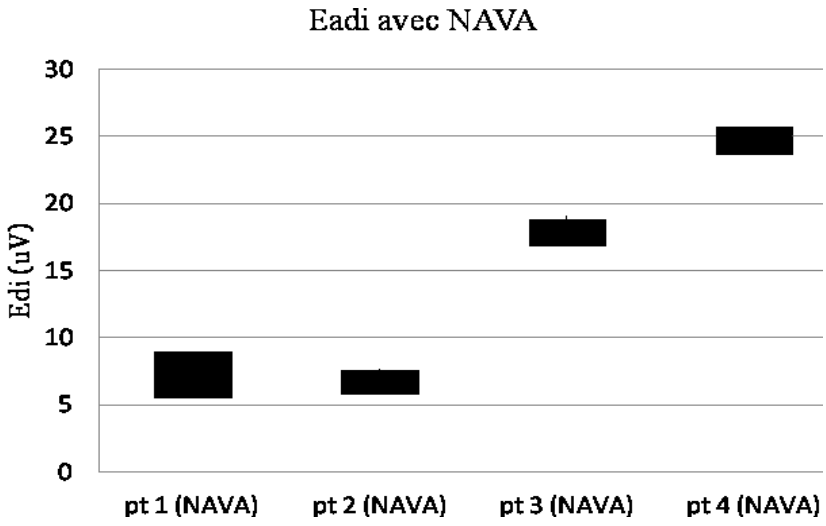
Figure 6 : L'indice RSBI chez les deux groupes durant le sevrage ventilatoire. *a)* présente le groupe NAVA. *b)* présente le groupe VSAI.

3.3.3. L'activité électrique du diaphragme (Eadi)

Le 3e paramètre pour évaluer la charge respiratoire est le signal Eadi qui traduit la demande exprimée par le centre respiratoire. L'amplitude du signal électrique Eadi recueilli en microvolts est directement proportionnelle à la commande ventilatoire cérébrale. Ainsi plus la charge respiratoire augmente, à cause d'une demande ventilatoire centrale élevée, plus le signal Eadi sera ample et inversement.

Ce paramètre est observé durant les 30 dernières minutes de sevrage et témoigne du niveau d'effort respiratoire effectué au moment ou le patient subit une dernière épreuve de VS. La moyenne d'Eadi chez le groupe VSAI est de 19,27 ±10,33 µV tandis que chez les patients du groupe NAVA la moyenne de ce paramètre est de 14,33 ± 7,79 µV. La figure 5 résume la valeur Eadi moyenne chez chacun des patients inclus dans cette étude.

a)



b)

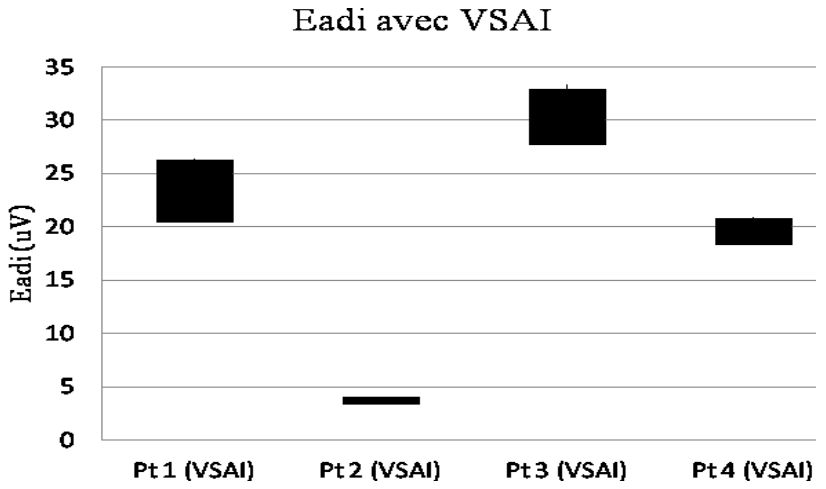


Figure 5 : La valeur Eadi chez chacun des patients des deux groupes. *a)* présente le groupe NAVA. *b)* présente le groupe VSAI. La valeur normale d'Eadi chez l'adulte est de 4 à 20 µV.

Le Tableau 7 résume les résultats d'évaluation des paramètres objectifs des trois éléments définissant la tolérance au sevrage ventilatoire.

Tableau 7 : Illustration des éléments de tolérance chez les patients des deux groupes.

Tolérance	NAVA	VSAI
État hémodynamique		
FC (battements/min)	85,78 ± 5,54	79,27 ±12.99
TAM (mmHg)	78,79 ± 3.07	79,80 ± 6.37
État d'oxygénation		
Saturation (%)	97,17 ± 1,75	98,22 ± 1,79
PaO_2 (mmHg)	93,61± 13.37	113,85 ± 20,88
Charge du travail respiratoire		
P0.1 (cmH2O)	0.99 ± 0.75	1.94 ± 1.60
RSBI (cycles/min/L)	51,15 ± 18,75	54,17 ± 19,54
Eadi (µV)	14,33 ± 7,79	19,27 ±10,33

DISCUSSION ET CONCLUSION

La stratégie du sevrage ventilatoire dans cette étude est conforme aux recommandations du dernier consensus international sur le sevrage de la VM (Boles, 2007) en ce qui concerne la sélection des patients de catégorie sevrage difficile et la technique de l'épreuve de VS. Pour la démarche de sevrage, nous avons comparé le mode conventionnel VSAI avec le mode neural NAVA dans le but d'évaluer la place de ce dernier dans le processus de sevrage.

Le mode NAVA, dans le papier princeps (Sinderby, 1999), n'a pas été conçu spécifiquement pour le sevrage ventilatoire et son premier objectif est d'optimiser le couplage neuro-mécanique (Sinderby, 2007). Il a été largement démontré (Beck, 2008 ; Colombo, 2008) que c'est un mode qui améliore d'une façon claire l'interaction patient/ventilateur, D'autres intérêts de ce mode sont documentés par la suite concernant la variabilité ventilatoire, la qualité de sommeil chez le patient ventilé, le titrage efficace de PEP et l'optimisation du travail respiratoire. Ces derniers éléments qui sont clairement améliorés chez les patients ventilés en NAVA et qui améliorent la qualité de la ventilation artificielle, contribueront, fort probablement, dans le succès du sevrage ventilatoire.

Le mode ventilatoire NAVA est une stratégie intéressante qui mérite d'être évaluée cliniquement dans le contexte du sevrage ventilatoire.

La population

Dans ce travail, nous avons rencontré des difficultés et des lenteurs de recrutement des patients aux soins intensifs. À l'origine de ces difficultés, nous avons noté:

- Les causes liées à l'unité des SI: il s'agit d'un milieu ou la majorité des patients sont gravement malades. L'approche pour toute démarche de la recherche devient délicate éthiquement et lourde psychiquement d'une part pour les patients et leurs proches et d'autre part pour les cliniciens et les chercheurs.

- Les causes liées au traitement: L'état critique des patients des SI impose continuellement des modifications parfois énormes dans les stratégies thérapeutiques. Ce qui peut changer les critères d'inclusion et d'exclusion chez les patients recrutés.
- Les causes liées au consentement: L'évolution d'état du patient aux SI influence parfois le processus décisionnel du patient ou de ses proches en ce qui concerne le consentement de participer à une étude aux SI.

Vu les difficultés de recueillir une taille d'échantillon suffisante, surtout dans un contexte de groupes parallèles, nous avons limité notre étude à une phase de projet pilote car l'échantillon obtenu (8 patients) est insuffisant pour tirer des conclusions définitives et nécessiterait un nombre plus élevé.

Les huit patients inclus dans cette étude n'affichent pas une grande différence d'âge. Une distribution égale concernant le sexe est notée entre le groupe interventionnel et le groupe contrôle.

Les patients à l'étude sont tous intubés et ventilés artificiellement. Les différentes raisons d'intubation et ventilation mécanique sont:

- Syndrome de détresse respiratoire aigu (secondaire à une décompensation MPOC ou exacerbation d'asthme).
- L'état de choc (septique ou cardiogénique)
- Réanimation cardio-respiratoire (secondaire au syncope post douleur retro-sternale).

Le calcul du score de gravité Apache II des premières 24 heures après l'admission à l'unité des SI nous a permis de connaitre l'état de gravité chez les patients inclus. Les patients dont la détérioration de l'état de santé est plus marquée tel que défini par le score Apache II ont un score $\geq$ 25 (RR 0,71; IC 95 % 0,59-0,85). Dans l'échantillon de cette étude, deux patients sur quatre dans chaque groupe ont un Apache II $\geq$ 25 indiquant que leur état de santé est détérioré. En regardant la moyenne du score Apache II qui est à 26 ± 4,85 chez les patients NAVA versus 26,25 ± 5,12 chez les patients VSAI, on peut noter qu'il n'y a pas de groupe plus malade que d'autre.

La sédation et l'analgésie sont administrées avec des doses minimales pour contrôler l'anxiété et la douleur chez le patient en sevrage. Selon Boles (2007), une dose minimale pour le confort du patient est permise durant le SV. Le niveau de l'échelle de sédation RASS (Sessler, 2002) chez les patient est situé entre -2 indiquant une diminution légère de la vigilance (le patient est éveillé brièvement avec contact visuel à l'appel de moins de 10 secondes) et +2 indiquant une agitation par épisodes (le patient fait des mouvements fréquents sans but précis et/ou désadaptation au respirateur). L'évaluation de l'âge, le sexe, le score de gravité Apache II et l'échelle de sédation RASS chez les patients inclus annonce un minimum d'homogénéité entre les deux groupe en étude.

La durée de sevrage ventilatoire

La durée de sevrage ventilatoire (DSV) dans cette étude est, apparemment, réduite avec le mode NAVA de 50,07%. Sur le plan clinique, la stratégie NAVA affiche une diminution de la durée du sevrage de 59.44 heures comparativement au mode habituel VSAI. Cette différence n'est pas significative sur le plan statistique entre les deux groupes ($p=0.083$) à cause du petit nombre de sujets. L'ajout de nouvelles inclusions aurait pu, probablement, confirmer ou infirmer ces tendances. Selon la littérature (Esteban *et al.*, 1994), la DSV représente 40% à 50% de la durée totale de la VM. La réduction de la DSV grâce au mode NAVA signifie que ce mode pourrait réduire la durée totale de la VM. Il a été largement démontré que la réduction de la durée de la VM contribue directement à la diminution des complications et de la mortalité (Esteban *et al.*, 2002).

La tolérance au sevrage

Un sevrage ventilatoire réussi et bien toléré fini par séparer le patient de son ventilateur dans les plus brefs délais et avec une récupération soutenue de la respiration spontanée. Cette dernière est caractérisée par une stabilité hémodynamique et un travail respiratoire optimal. Dans cette étude, l'appréciation de TSV s'est basée sur une évaluation qui prend en considération trois éléments mesurables: l'état hémodynamique, l'état d'oxygénation et la charge du travail respiratoire.

L'état hémodynamique

L'initiation de la ventilation spontanée chez les patients sous ventilation mécanique lors du sevrage est responsable de modifications cardiovasculaires. Il s'agit d'une épreuve qui s'accompagne de sécrétion des catécholamines (Oh *et al.,* 1991) dont les conséquences hémodynamiques sont multiples : une augmentation de la pression artérielle, une tachycardie et une augmentation de la demande myocardique en oxygène. La variation de pressions intra-thoraciques et l'augmentation de la consommation d'oxygène durant le sevrage nécessitent au préalable une stabilité hémodynamique.

En regardant les résultats de notre étude à ce niveau, nous avons noté une stabilité hémodynamique chez les deux groupes durant le sevrage. Les tendances de la TA systolique et diastolique démontrent une stabilité de la TAM chez tous les patients en étude. La FC est également stable à l'exception de quelques épisodes de tachycardie directement liée aux autres raisons que le sevrage ventilatoire tel que la douleur et la manœuvre d'aspiration des secrétions endo-trachéales.

L'état d'oxygénation

Selon les recommandations (Boles, 2007), un degré d'oxygénation satisfaisant est un élément essentiel dans les critères de prérequis du sevrage ventilatoire. L'augmentation de la consommation d'oxygène est liée au recrutement des muscles respiratoires lors de VS. Le débit sanguin utilisé par ces muscles, dans des conditions normales, représente moins de 10 % de la dépense énergétique en oxygène de l'organisme (Roussos, 1982). En cas d'augmentation des efforts respiratoires (un œdème pulmonaire ou un bronchospasme), les besoins en oxygène peuvent atteindre 25 à 30 % de la dépense de l'organisme, et devenir de fait un facteur limitant pour le sevrage. Pour envisager une ventilation spontanée, il est nécessaire que le degré d'oxygénation soit satisfaisant. Dans le cadre de respecter les critères de sevrage, les patients dans notre étude sont ventilés avec une FiO_2 et PEP respectant une oxygénation satisfaisante. Tous les patients ont eu un rapport $PaO_2/FiO_2 > 200$mmHg avant le début de sevrage.

Les tendances de SpO_2 et PaO_2 durant le processus de sevrage nous ont permis d'évaluer l'évolution de l'état oxygénatoire durant la période de sevrage. Une stabilité oxygénatoire a été notée chez les deux groupes.

La charge du travail respiratoire

C'est la charge mécanique imposée aux muscles respiratoires pour initier une inspiration et permettre une expiration. Elle correspond au travail fourni par le système respiratoire pour effectuer une respiration complète.

La détection du travail respiratoire nécessite des mesures physiologiques tel que la mesure de la pression œsophagienne ou électromyogramme du diaphragme (Parthasarathy, 1998; Beck, 2001). Le système NAVA nous fournie continuellement la mesure de l'activité électrique du diaphragme (Eadi) reflétant en temps réel l'effort respiratoire du patient.

Outre que l'Eadi, la pression d'occlusion (P0.1) et l'indice RSBI sont mesurés pour optimiser l'évaluation de la charge respiratoire.

La P0.1

La pression d'occlusion P0.1 mesurée au moment d'initiation d'une inspiration, alors que les voies aériennes sont occluses, est un bon reflet de l'activité des centres inspiratoires et du travail respiratoire réalisé par le patient (Alberti, 1995 ; Perrigault, 1999). La P0.1 est considérée initialement comme un bon index de sevrage ventilatoire (Sassoon *et al.*, 1993).

L'évaluation de ce paramètre a permet d'apprécier le niveau d'effort inspiratoire chez chacun des patients. Une P0.1 $\leq$ 4 cmH_2O est témoin d'un travail respiratoire toléré. La mesure de ce paramètre chez les patients sevrés en VSAI montre que la P0.1 avec une moyenne de 1,94 ± 1,60 cmH2O est supérieure à la P0.1 chez les patients en NAVA (0,99 ± 0,75 cmH_2O). Les tendances de P0.1 chez les patients VSAI illustre une augmentation des efforts respiratoires qui dépasse la limite supérieure normale (P0.1 < 4 cmH_2O). Par contre chez les patients NAVA, la P0.1 reste normale. Tous les patients du groupe NAVA ont démontré une P0.1< 4 cmH_2O du début de sevrage jusqu'à la fin. Pour les patients

sevrés en VSAI, la P0.1 est > à 4 cmH_2O surtout à la deuxième moitié de la période de sevrage avec des valeurs accrues (jusqu'à 8 cmH_2O) traduisant un travail énorme pour initier l'inspiration et témoignant, probablement, d'un sevrage mal supportée ; ce qui pourrait augmenter le risque de la fatigue des muscles respiratoire. Cette fatigabilité aura des répercussions sur l'état respiratoire du patient, surtout, au moment ou il va être séparé de son support ventilatoire. Cependant ces résultats ont besoin d'une confirmation ou infirmation avec d'autres études plus puissantes. L'échantillon réduit de notre étude ne permet pas une analyse statistique plus fiable pour faire des meilleures conclusions.

Le RSBI

L'indice de respiration rapide et superficielle RSBI, qui est l'indice le plus performant selon Boles (2007) pour prédire le succès du SV, est inférieur à 105cycles/min/L chez les patients des deux groupes. Cependant, il est légèrement élevé chez les patients VSAI comparativement aux patients NAVA. Nous avons observé, également, que cet indice a la tendance d'augmenter surtout vers la fin de sevrage chez les patients VSAI alors qu'il diminue chez les patients NAVA en s'approchant de l'extubation. Une augmentation de RSBI peut indiquer que le risque d'avoir une respiration superficielle est accru chez le groupe sevré en VSAI. Une respiration superficielle est une respiration inefficace. Elle est supposée être améliorée au fur et mesure que le patient s'approche de la fin du SV et avant de se séparer du ventilateur. Ces annoncées, statistiquement non significatives, méritent d'être testées dans un niveau d'analyse plus convaincant.

L'Eadi

L'Eadi est le signal électrique dont la valeur est à chaque instant corrélée à la pression musculaire générée par le patient (Beck, 2001) ce qui fait de ce paramètre un indice fiable pour suivre l'évolution du travail respiratoire chez le patient ventilé.

Dans notre étude, l'évaluation de l'Eadi est effectuée surtout durant les 30 dernières minutes de sevrage. Nous constatons que l'Eadi chez le groupe VSAI est élevée comparativement au groupe NAVA (19,27 ±10,33 µV versus 14,33 ± 7,79 µV) traduisant une commande respiratoire centrale élevée qui entraine une augmentation de la charge sur

les muscle respiratoires. En regardant les tendances de ce paramètre, nous avons noté une activité électrique diaphragmatique de valeurs normales (4 à 20 μV) chez trois patients sur quatre sevré en NAVA. Alors que le groupe VSAI, un seul patient présente un Eadi normal. Deux patients ont l'Eadi élevé témoignant d'une charge des muscles respiratoires accrue qui risque d'augmenter la fatigue musculaire respiratoire. La notion de lésions musculaires du diaphragme induites par une charge excessive prolongée est clairement établie (Levine, 2008 ; Reid, 2001 ; Sasson, 2002). Le quatrième patient en VSAI présente une activité musculaire respiratoire insuffisante (Eadi < 4 μV) indiquant une basse activité électrique du diaphragme. Le travail respiratoire chez ce patient est insuffisant malgré l'arrêt de sédation. La récupération de son autonomie respiratoire sera probablement plus difficile à cause d'une éventuelle paresse des muscles respiratoire qui s'installe. Ce qui pourrait expliquer une augmentation de la DSV dans des conditions pareil. La VA avec une durée prolongée peut conduire rapidement à une atrophie des fibres musculaires diaphragmatiques (Levine *et al.,* 2008) qui retarderait la récupération de la contractibilité musculaire respiratoire. Un suivi au niveau du paramètre Eadi sera fort intéressant pour apprécier l'état de la force respiratoire chez le patient en sevrage avant d'enlever son support ventilatoire. Ce que nous avons constaté dans cette étude concernant les valeurs de l'Eadi corrobore avec ce qui a été étudié auparavant. Cependant, nous ne pouvons en rien confirmer ces énoncées, mathématiquement non significatives, dans le contexte du sevrage ventilatoire.

En évaluant dans une autre étude plus puissante les paramètres P0.1, RSBI et Eadi ensemble objectivant la charge imposée sur les muscles respiratoires on déduira, probablement, que le sevrage avec NAVA serait meilleure grâce à une charge du travail respiratoire optimale comparativement au groupe VSAI. Vraisemblablement que chacun de ces trois paramètres objectifs (P0.1, RSBI et Eadi) peut être utile dans l'évaluation des capacités du patient à respirer tout seul, mais les trois doivent être interprétés ensemble et en association avec les autres paramètres ventilatoires comme Vt et FR.

Nos modestes résultats concernant la charge respiratoire concordent avec plusieurs études (Sinderby, 2007 ; Colombo, 2008 ; Spahija, 2010 ; Piquilloud, 2011) qui ont

approuvé que le mode NAVA améliore le travail respiratoire en supprimant les efforts inefficaces qui sont la source principale d'un travail respiratoire accru chez les patients ventilés. Il a été démontré par Spahija (2010) et son équipe que NAVA réduit le délai du déclenchement inspiratoire et réduit, également, le retard à l'expiration et les insufflations prolongées qui surviennent en VSAI. Ces effets pourraient expliquer l'optimisation de la charge imposée aux muscles respiratoires chez nos patients sevrés en NAVA.

Conclusion

Dans les limites de cette étude, nous avons conclu que le mode NAVA pourrait servir comme mode de sevrage ventilatoire pour les patients en sevrage difficile. Ce qui concorde avec les études qui ont déjà validé l'efficacité et la sécurité du système NAVA. Cependant, les résultats de ce petit projet n'ont rapporté aucune différence entre les patients sevrés en mode NAVA comparativement aux patients sevrés en mode VSAI en ce qui concerne la durée de la ventilation mécanique et le degré de la tolérance du sevrage ventilatoire. Sur le plan statistique, notre échantillon est clairement insuffisant pour tirer des conclusions définitives et nécessiterait une taille d'échantillon plus élevée. D'autre part, nous avons noté que les patients sevrés en NAVA, apparemment, tolèrent bien la démarche du sevrage ventilatoire grâce à l'assistance proportionnelle aux efforts du patient. Ces conclusions démontrent la faisabilité et l'efficacité du mode NAVA dans le processus du sevrage ventilatoire. Le petit échantillon (huit patients) constitue la principale limite de ce projet car il diminue la signification statistique de ses résultats. Toutefois, cette étude est la première à évaluer le mode NAVA dans le contexte de sevrage ventilatoire. Elle est, également, une des premières études à évaluer le mode NAVA pour une période supérieure à 24 heures.

Notre étude est un projet pilote qui annonce que l'ajout de sujets pourrait confirmer ou infirmer, d'une façon, statistiquement, plus significative l'énoncée de ses résultats. Ce travail ouvre les portes aux autres études qui valideront les intérêts exceptionnels de la stratégie NAVA dans le processus du sevrage comparativement à d'autres stratégies.

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier en premier lieu mes directeurs de recherche, Dr Jean-Pierre Tetrault et Dr Olivier Lesur pour leur attention de tout instant sur mes travaux et pour leurs conseils. Je suis également reconnaissant pour le temps conséquent qu'ils m'ont accordé, leurs qualités pédagogiques et scientifiques, leur franchise et leur sympathie. J'ai beaucoup appris avec eux et je leur adresse ma gratitude pour tout cela.

J'adresse de chaleureux remerciements à Dr Stéphane Delisle, Chef de département d'inhalothérapie à l'HSCM pour sa disponibilité, son écoute et ses conseils qui ont été prépondérants pour la bonne réussite de ce projet. Son énergie et sa confiance ont été des éléments moteurs pour moi. J'ai pris un grand plaisir à travailler avec lui.

Un grand merci à Dr Patrick Bellemare, pneumologue et intensiviste à l'HSCM, pour son implication dans le projet, j'ai apprécié son aide et sa sympathie.

Je voudrais remercier tous les intensivistes, les inhalothérapeutes, les infirmières des soins intensifs et les archivistes de l'HSCM, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

J'associe à ces remerciements Dr Arnaud Gagneur l'évaluateur interne et Dr Colin Lagrenade-Verdant, l'évaluateur externe de l'Université de Montréal, pour avoir accepté d'examiner mon travail.

LISTE DES RÉFÉRENCES

Alberti A, Gallo F, Fongaro A, Valenti S, Rossi A (1995) P0.1 is a useful parameter in setting the level of pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 21: 547-53

Arold SP, Mora R, Lutchen KR (2002) Variable tidal volume ventilation improves lung mechanics and gas exchange in a rodent model of acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 165:366–71

ATS, ESICM and SRLF, (1999) International Consensus in Intensive Care Medicine: Ventilator-associated lung injury in ARDS. *Am J Respir Crit Care Med* 160 : 2118-2124

Beck J, Gottfried SB, Navalesi P, Skrobik Y, Comtois N, Rossini M, Sinderby C (2001) Electrical activity of the diaphragm during pressure support ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 164:419-424.

Beck J, Brander L, Slutsky AS, Reilly MC, Dunn MS, Sinderby C (2008) Non-invasive neurally adjusted ventilatory assist in rabbits with acute lung injury. *Intensive Care Med* 34: 316-23.

Bengtsson, JA., Edberg, KE (2010) Neurally adjusted ventilatory assist in children: An observational study. *Pediatr Crit Care Med* 11: 253-7.

Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C (2007) Weaning from mechanical ventilation. Statement of the sixth international consensus conference on intensive care medicine. *Eur Respir J* 29:1033-56.

Bosma K, Ferreyra G, Ambrogio C (2007) Patient-ventilator interaction and sleep in mechanically ventilated patients: Pressure support versus proportional assist ventilation. *Crit Care Med* 35: 1048-54.

Brander L, Leong-Poi H, Beck J, Brunet F, Hutchison SJ, Slutsky AS, Sinderby C (2008) Titration and implementation of Neurally Adjusted Ventilatory Assist in critically ill patients. *Chest* 135(3): 695-703.

Branson RD (2001) Dual control modes, closed loop ventilation, handguns, and tequila. *Respir Care* 46: 232-3.

Breatnach C, Conlon NP, Stack M, Healy M, O'Hare BP (2010) A prospective crossover comparison of neurally adjusted ventilatory assist and pressure-support ventilation in a pediatric and neonatal intensive care unit population. *Pediatr Crit Care Med* 11: 7-11.

Brochard L, Pluskwa F, Lemaire F (1987) Improved efficacy of spontaneous breathing with inspiratory pressure support. *Am Rev Respir Dis 136:*411-5.

Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F (1989) Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis 139:*513-21.

Brochard L, Rua F, Lorino H, Lemaire F, Harf A (1991) Inspiratory pressure support compensates for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Anesthesiology 75:*739-45.

Brochard L , Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, Gasparetto A, Lemaire F (1994) Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation *Am. J. Respir. Crit. Care Med* 150:896-903.

Burns KE, Adhikari NK, Meade MO (2006) A meta-analysis of noninvasive weaning to facilitate liberation from mechanical ventilation. *Can J Anaesth* 53:305-315.

Cassina T, Chiolero R, Mauri R, Revelly JP (2003) Clinical experience with adaptive support ventilation for fast-track cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 17: 571-5.

Coisel Y, Chanques G, Jung B, (2010) Neurally adjusted ventilatory assist in critically ill postoperative patients: A crossover randomized study. *Anesthesiology* 113: 925-35.

Colombo D, Cammarota G, Bergamaschi V, De Lucia M, Corte FD, Navalesi P (2008) Physiologic response to varying levels of pressure support and neurally adjusted ventilatory assist in patients with acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 34:2010-2018.

Cook DJ, Walter SD, Cook RJ, Griffith LE, Guyatt GH, Leasa D (1998) Incidence of and risk factors for ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Ann Intern Med* 129:433-40.

Cooper AB, Thornley KS, Young GB, Slutsky AS, Stewart TE, Hanly PJ (2000) Sleep in critically ill patients requiring mechanical ventilation. *Chest* 117 : 809-18.

Cooper LM, Linde-Zwirble WT (2004) Medicare intensive care unit use: analysis of incidence, cost, and payment. *Crit Care Med* 32:2247-53.

Delisle S, Ouellet P, Bellemare P, Tétrault JP, Arsenault P (2011) Sleep quality in mechanically ventilated patients: comparison between NAVA and PSV modes. *Annals of Intensive Care* 1: 42

Dojat M, Harf A, Touchard D, Lemaire F, Brochard L (2000) Clinical evaluation of a computer-controlled pressure support mode. *Am J Respir Crit Care Med* 161:1161-6.

Dojat M, Harf A, Touchard D, Laforest M, Lemaire F, Brochard L (1996) Evaluation of a knowledge-based system providing ventilatory management and decision for extubation, *Am J Respir Crit Care Med* 153:997-1004.

Dreyfuss D, Saumon G (1998) Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med* 157 : 294-323

Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT (1996) Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 335: 1864-9.

Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB (1997) Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest* 112:186-92.

Esteban A, Alia I, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ (1994) Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 106: 1188-93.

Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alía I, Solsona JF, Valverdú I, Fernández R, de la Cal MA, Benito S, Tomás R (1995) A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *N Engl J Med* 332: 345-50.

Esteban A, Anzueto A, Frutos F,Alia I, Brochard L, Stewart TE (2002) Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 287:345–55.

Fagon JY, Ract C, Novara A (2001) Prévention des pneumopathies acquises sous ventilation mécanique. Prevention of hospital-acquired pneumonia during mechanical ventilation. *Réanimation* 10: 61-70

Fanfulla F, Delmastro M, Berardinelli A (2005) Effects of different ventilator settings on sleep and inspiratory effort in patients with neuromuscular disease. *Am J Respir Crit Care Med* 172:619-624.

Fernandez-Vivas, M, Caturla-Such, J, Gonzalez de, la Rosa J (2003) Noninvasive pressure support versus proportional assist ventilation in acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 29:1126-33.

Freedman NS, Gazendam J, Levan L, Pack AI, Schwab RJ (2001) Abnormal sleep/wake cycles and the effect of environmental noise on sleep disruption in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 163: 451-7.

Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, Bauer TT, Gonzalez G, Carrillo A, Rodriguez-Roisin R, Torres A (2003) Noninvasive Ventilation during Persistent Weaning Failure: A Randomized Controlled Trial, *Am. J. Respir. Crit. Care Med* 168: 70-6.

Gabor JY, Cooper AB, Crombach SA, Lee B, Kadikar N, Bettger HE, Hanly PJ (2003) Contribution of the intensive care unit environment to sleep disruption in mechanically ventilated patients and healthy subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 167: 708-15

Gay PC, Hess DR, Hill NS (2001) Noninvasive proportional assist ventilation for acute respiratory insufficiency. Comparison with pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 164:1606-11.

Girault C, Daudenthum I, Chevron V, Tamion F, Leroy J, Bonmarchand G (1999) Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute on chronic respiratory failure. A prospective randomized controlled study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med* 160: 86-92.

Higgins PA, Lipson AR, Petchprepai N (2006) Monitoring the sleep and light patterns of chronically critically ill patients. *Proc Am Thorac Soc* 3: A141.

Le Bourdelles G, Viires N, Boczkowski J, Seta N, Pavlovic D, Aubier M (1994) Effects of mechanical ventilation on diaphragmatic contractile properties in rats. *Am J Respir Crit Care Med* 149: 1539-44.

Lellouche F, Mancebo J, Jolliet P, Roeseler J, Schortgen F, Dojat M (2006) A multicenter randomized trial of computer-driven protocolized weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 174: 894-900.

Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, Zhu J, Sachdeva R, Sonnad S, Kaiser LR, Rubinstein NA, Powers SK, Shrager JB (2008) Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med* 358: 1327-35.

Mekontso-Dessap A, Brochard L (2008) B-type natriuretic peptide for the management of weaning (BMW study). Protocol presentation. *Reanimation* 17: 57-65.

Oh TE, Bhatt S, Lin ES, Hutchinson RC, Low JM (1991) Plasma catecholamines and oxygen consumption during weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 17: 199–203

Parthasarathy S, Jubran A, Tobin MJ (1998) Cycling of inspiratory and expiratory muscle groups with the ventilator in airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 158:1471-1478.

Passath C, Takala J, Tuchscherer D, Jakob S, Sinderby C and Brander L (2010) Physiological response to changing positiveend-expiratory pressure during neurally adjusted ventilatory assist in sedated, critically ill adults. *Chest* 138(3): 578-87.

Perrigault PF, Pouzeratte YH, Jaber S, Capdevila X, Hayot M, Boccara G, Ramonatxo M, Colson P (1999) Changes in occlusion pressure (P0.1) and breathing pattern during pressure support ventilation. *Thorax* 54: 119-23.

Petter AH, Chiolero RL, Cassina T, Chassot PG, Muller XM, Revelly JP (2003) Automatic "respirator/weaning" with adaptive support ventilation: the effect on duration of endotracheal intubation and patient management. *Anesth Analg* 97:1743-50.

Piquilloud L, Vignaux L, Bialais E, Roeseler J, Sottiaux T, Laterre PF, Jolliet P, Tassaux D (2011) Neurally adjusted ventilatory assist improves patient-ventilator interaction, *Intensive Care Med* 37(2):263-71.

Qureshi AI, Suarez JI, Parekh PD, Bhardwaj A (2000) Prediction and timing of tracheostomy in patients with infratentorial lesions requiring mechanical ventilatory support. *Crit Care Med* 28: 1383-7.

Reid WD, Clarke TJ, Wallace AM (2001) Respiratory muscle injury: Evidence to date and potential mechanisms. *Can J Appl Physiol* 26: 356.

Rose L, Presneill JJ, Johnston L, Cade JF (2008) A randomized controlled trial of conventional versus automated weaning from mechanical ventilation using SmartCareTM/PS. *Intensive Care Med* 34: 1788-1795.

Roussos C, Macklem PT (1982) The respiratory muscles. *N Engl J Med* 308 : 786-97.

Sassoon CS, Mahutte CK (1993) Airway occlusion pressure and breathing pattern as predictors of weaning outcome. *Am Rev Respir Dis* 148 : 860-6.

Sassoon CSH, Caiozzo VJ, Manka A, Sieck GC (2002) Altered diaphragm contractile properties with controlled mechanical ventilation. *J Appl Physiol* 92: 2585.

Sessler CN, Gosnell MS, Grap MJ, et al. (2002) The Richmond Agitation-Sedation Scale: validity and reliability in adult intensive care unit patients. *Am J Respir Crit Care Med* 166: 1338-44.

Sinderby C, Navalesi P, Beck J, Skrobik Y, Comtois N, Friberg S (1999) Neural control of mechanical ventilation in respiratory failure. *Nat Med* 5:1433-6.

Sinderby C, Beck J, Spahija J (2007) Inspiratory muscle unloading by neutrally adjusted ventilatory assist during maximal inspiratory efforts in healthy subjects. *Chest* 131: 711-7.

Spahija J, Beck J, de Marchie M, Comtois A, Sinderby C (2005) Closed-loop control of respiratory drive using pressure-support ventilation: target drive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 171:1009-1014.

Spahija J, de Marchie M, Albert M, et al. (2010) Patient–ventilator interaction during pressure support ventilation and neurally adjusted ventilatory assist. *Crit Care Med* 38:518–26

Spieth PM, Carvalho AR, Pelosi P, et al. (2009) Variable tidal volumes improve lung protective ventilation strategies in experimental lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 179:684–93

Schmidt M, Demoule A, Cracco C, et al. (2010) Neurally adjusted ventilatory assist increases respiratory variability and complexity in acute respiratory failure. *Anesthesiology* 112:670–81

Tassaux D, Dalmas E, Gratadour P, Jolliet P (2002) Patient-ventilator interactions during partial ventilatory support: a preliminary study comparing the effects of adaptive support ventilation with synchronized intermittent mandatory ventilation plus inspiratory pressure support. *Crit Care Med* 30:801-7.

Terzi N, Pelieu I, Guittet L, et al. (2010) Neurally adjusted ventilatory assist in patients recovering spontaneous breathing after acute respiratory distress syndrome: physiological evaluation. *Crit Care Med* 38:1830–7

Thille AW, Rodriguez P, Cabello B, Lellouche F, Brochard L (2006) Patient–ventilator asynchrony during assisted mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 32:1515–22.

Tokioka H, Saito S, Kosaka F (1989) Effect of pressure support ventilation on breathing patterns and respiratory work. *Intensive Care Med 15:*491-4.

Torres, A, Gatell JM, Aznar E, El-Ebiary M, Puig de la Bellacasa J, Gonzalez J, Ferrer M, Rodriguez-Roisin R (1995) Re-intubation increases the risk of nosocomial pneumonia in patients needing mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 152:137-41.

Vallverdu I, Calaf N, subirana M, Net A, Benito S, Mancebo J (1998) Clinical characteristic, respiratory functional parameters and outcome of a 2-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care 158*: 1855-62.

Yang KL, Tobin MJ (1991) A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 324: 1445-50.

GLOSSAIRE

Apache II - (*Acute Physiology and Chronic Health Evaluation*) score de gravité.

Auto-PEP - La pression positive intrinsèque à la fin de l'expiration (PEPi).

Déclencheur (*trigger*) - Le seuil de déclenchement, le seuil de détection par la machine d'un effort inspiratoire du patient.

Double déclenchements - Deux cycles inspiratoires successifs séparés par un temps expiratoire inexistant ou très court. Ils surviennent quand la demande ventilatoire du patient est importante et que le temps d'insufflation (Ti) du ventilateur est trop court.

Efforts inefficaces - Un effort inefficace est un effort généré par le patient mais non détecté par le ventilateur.

Épreuve de VS - Un test qui consiste à arrêter le support ventilatoire et laisser le patient intubé respirer spontanément soit avec une pièce en T soit avec une aide inspiratoire (AI) minimale pendant 30 à 120 minutes.

Niveau NAVA - Le rapport entre le signal diaphragmatique mesuré et l'assistance inspiratoire fournie.

Polypnée - Une augmentation de la fréquence respiratoire.

L'échelle RASS - *Richmond Agitation-Sedation Scale,* L'échelle de sédation de Richmond.